

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DESCARGADAS EN LOS RÍOS PUMACUNCHI Y CUTUCHI,  
GENERADAS EN LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N.- 9  
PATRIA, PERIODO 2015 - 2016”.**

**Tesis de grado previa a la obtención del Título de Ingenieros en Medio  
Ambiente.**

**Autores:**

Fiallos Chifla Carlos Manuel  
Mosquera Zapata Carla Fernanda

**Director:**

Ing. Cristian Lozano

**Latacunga - Ecuador**

**Período 2015 – 2016.**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, CARLOS MANUEL FIALLOS CHIFLA y CARLA FERNANDA MOSQUERA ZAPATA; declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento, la cual se realizó bajo la dirección de Ing. Cristian Lozano.

---

Carlos Manuel Fiallos Chifla  
C.I. 1803589561

---

Carla Fernanda Mosquera Zapata  
C.I. 1723174866

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

### AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales descargadas en los ríos Pumacunchi y Cutuchi, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 Patria, periodo 2015 - 2016”**, de **Fiallos Chifla Carlos Manuel** y **Mosquera Zapata Carla Fernanda**, de la **Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga a, 18 de abril de 2016.

---

Ing. Cristian Lozano

**EL DIRECTOR.**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**  
**LATACUNGA – COTOPAXI – ECUADOR**

**CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL**

En calidad de miembros del tribunal para el acto de Defensa de Tesis del Sr. Carlos Manuel Fiallos Chifla y la Srta. Carla Mosquera Zapata Con el tema “**DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DESCARGADAS EN LOS RÍOS PUMACUNCHI Y CUTUCHI, GENERADAS EN LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA, PERIODO 2015-2016**”.se emitieron algunas sugerencias en la corrección de tesis, las mismas que han sido ejecutadas a entera satisfacción, por lo que autorizamos la presentación de los empastados.

Por la favorable atención que se dé a la presente desde ya anticipamos nuestros sinceros agradecimientos.

**Aprobado por:**

.....  
Ing. Renán Lara Landázuri  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**  
C.C. 0400526125

.....  
MSc. Patricio Clavijo  
**OPOSITOR DEL TRIBUNAL**  
C.C. 050144458-2

.....  
Ing. Alexandra Tapia Mg.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**  
C.C. 0502661754

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **FIALLOS CHIFLA CARLOS MANUEL Y MOSQUERA ZAPATA CARLA FERNANDA**., cuyo título versa: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DESCARGADAS EN LOS RÍOS PUMACUNCHI Y CUTUCHI, GENERADAS EN LA BRIGADA DE FUERZAS ESPECIALES N° 9 PATRIA, PERIODO 2015-2016”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, abril del 2016

Atentamente,

Lic. Nelson W. Guagchinga Ch.

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

**C.C. 0503246415**

## **AGRADECIMIENTO**

*El presente trabajo de tesis nos gustaría agradecerle a Dios por bendecirnos y habernos guiado por el camino correcto para hacer realidad este sueño tan anhelado.*

*Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica de Cotopaxi porque a través de sus docentes de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente impartieron su apoyo académico a lo largo de toda la carrera.*

*A nuestros Padres Manuel Fiallos, Luz María Chifla y José Mosquera, Piedad Zapata quienes nos brindaron su apoyo incondicional para culminar con nuestra carrera y a dos ángeles del cielo quienes nos miran y nos guían en todo momento.*

*A nuestros compañeros de vida Blanca De La Cruz y Marco Rocha los cuales nos apoyaron y nos dieron su confianza para seguir adelante, al igual que nuestros hermanos.*

*Al Ing. Cristian Lozano, quien en calidad de director y amigo nos supo compartir sus conocimientos durante la formación de la carrera profesional.*

*Carlos Fiallos – Carla Mosquera*

## **DEDICATORIA**

*Dedicamos esta tesis a mis hijos Carlos Josué y Karla Estefanía Fiallos De La Cruz y a mi hija Mary Anghelique Rocha Mosquera porque por ellos nuestra vida tiene sentido, para brindarles un mejor futuro, a ellos nuestra alegría, esperanza, vida y la culminación de este trabajo y lo que representa.*

*Y a todos aquellos que son motivados por un gran amor a la vida y a la naturaleza.*

*Carlos Fiallos – Carla Mosquera*

# ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE .....	viii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>II. PROBLEMATIZACIÓN.....</b>	<b>xx</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>xxvi</b>
CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 El Agua.....	3
1.2.1 Propiedades Importantes del Agua.....	4
1.2.2 Distribución del Agua e Importancia en el Medio Ambiente.....	5
1.2.3 Fuentes de Agua .....	5
1.2.4 Fuentes Subterráneas.....	6
1.2.5 Fuentes Superficiales.....	6
1.2.6 Fuentes Pluviales .....	7
1.3 Contaminación del Agua .....	7
1.3.1 Fuentes de Contaminación del Agua.....	8
1.3.2 Fuentes Naturales .....	8
1.3.3 Fuentes Artificiales.....	8

1.3.4	Principales Contaminantes del Agua.....	8
1.3.5	Microorganismos Patógenos.....	9
1.3.6	Desechos Orgánicos .....	9
1.3.7	Sustancias Químicas Inorgánicas. ....	10
1.3.8	Nutrientes Vegetales Inorgánicos.....	10
1.3.9	Compuestos Orgánicos.....	11
1.3.10	Sedimentos y Materiales Suspendedos.....	11
1.3.11	Sustancias Radiactivas. ....	11
1.3.12	Contaminación Térmica. ....	12
1.4	Efectos de la Contaminación del Agua en la Salud.....	12
1.4.1	Directos. ....	12
1.4.2	Indirectos.....	13
1.5	Aguas Residuales .....	13
1.5.1	Características de las Aguas Residuales.....	14
1.5.2	Tipos de Aguas Residuales .....	14
1.5.3	Métodos de Aforo .....	15
1.5.4	Método Volumétrico .....	16
1.5.5	Método de Velocidad – Área.....	16
1.5.6	Método de Vertedero y Canaletas .....	16
1.5.7	Método de vertedero triangular de 90°.....	17
1.6	Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	18
1.6.1	Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	18
1.6.2	Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales.....	19
1.6.3	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	19
1.7	Marco Conceptual.....	20
1.8	Marco legal.....	25
1.8.1	Constitución de la República del Ecuador (2008).....	25
1.8.2	Cumbre para la Tierra - Programa 21.....	25
1.8.3	Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua (R. O. N.- 305 – SEGUNDO SUPLEMENTO 06 de Agosto de 2014).....	27
1.8.4	Ley Orgánica de Salud, Registro oficial Nro. 423 (2006) .....	30

1.8.5	Ley de Gestión Ambiental, (Registro Oficial 418, 10-IX-2004).....	30
1.8.6	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) 31	
1.8.7	Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.....	32
CAPÍTULO II.....		36
2 DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS. 36		
2.1	Diseño Metodológico.....	36
2.1.1	Área de Estudio.....	37
2.1.2	Ubicación de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “PATRIA” ...	38
2.1.3	Unidad de Estudio .....	39
2.2	Tipos De Investigación .....	39
2.2.1	Investigación Bibliográfica.....	40
2.2.2	Investigación de Campo.....	40
2.2.3	Investigación Descriptiva.....	41
2.3	Metodología.....	41
2.3.1	Métodos y Técnicas.....	42
2.3.2	Métodos.....	42
2.3.3	Técnicas.....	44
2.3.4	Puntos de Muestreo .....	46
2.3.5	Características de los puntos de muestreo.....	47
2.3.6	Muestra compuesta.....	49
2.3.7	Procedimiento para recolección de las Muestras a Enviar al Laboratorio.....	50
2.3.8	Llenado del Recipientes .....	50
2.3.9	Identificación y registro de las muestras.....	51
2.3.10	Identificación de las Muestras de Agua Residual.....	51
2.3.11	Conservación de las Muestras.....	52
2.3.12	Técnica de Medición .....	53
2.4	Materiales y Equipos.....	59
2.4.1	Materiales.....	59
2.4.2	Equipos.....	59

2.5	Alternativas de Interpretación de Resultados .....	60
2.5.1	Parámetros Considerados para el Análisis de las Muestras .....	61
2.5.2	Resultados Obtenidos en el Laboratorio Luego del Análisis de las Aguas Residuales .....	62
2.5.3	Interpretación de los Resultados, Características Fisicoquímicas de las Aguas Residuales .....	63
2.5.4	Interpretación de los resultados Características Microbiológicas de las Aguas Residuales .....	68
CAPÍTULO III .....		71
3.	Propuesta y diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales más adecuado, previo a la descarga en los ríos Pumacunchi y Cutuchi .....	71
3.1	Introducción .....	71
3.1.1	Implantación de la propuesta .....	72
3.2	Justificación .....	73
3.3	Objetivo de la Propuesta .....	75
3.4	Desarrollo de la Propuesta .....	75
3.4.1	Rediseño del sistema colector de aguas residuales de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria” .....	76
3.4.2	Consideraciones para el rediseño del sistema colector de aguas residuales .....	78
3.4.3	Disposición del sistema colector de aguas residuales .....	78
3.4.4	Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales .....	80
3.4.5	Habitantes Equivalentes .....	83
3.4.6	Operaciones y Procesos Unitarios del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales .....	84
3.4.7	Pre-Tratamiento .....	86
3.4.8	Trampa de Grasas .....	101
3.4.9	Tratamiento Primario .....	103
3.4.10	Tratamiento Secundario .....	108
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	115
4.1	CONCLUSIONES .....	115
4.2	Recomendaciones .....	117
5.	Bibliografía .....	118

6. ANEXOS .....	122
6.1 Situación actual del sistema colector de aguas residuales generadas en la Brigada de fuerzas especiales N.- 9 “Patria” .....	122
6.2 Instalación de Vertedero Triangular 90° .....	123
6.3 Medición de caudales.....	123
6.4 Recolección de Muestras de Aguas .....	124
6.5 Resultados de la muestra de agua del Análisis de laboratorio. ....	125

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Vertedero triangular de 90° y su fórmula ( $Q=1,4 \cdot H^{5/2} \cdot 1000$ ).....	17
Gráfico N° 2 Área de Estudio.....	37
Gráfico N° 3 Puntos de Descarga de las Aguas Residuales Generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”.....	46
Gráfico N° 4 Oxígeno disuelto .....	64
Gráfico N° 5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) .....	65
Gráfico N° 6 Demanda Química de Oxígeno .....	66
Gráfico N° 7 Sólidos Suspendidos Totales .....	67
Gráfico N° 8 Aerobios Mesófilos .....	68
Gráfico N° 9 Colibacilos Fecales .....	69
Gráfico N° 10 Colibacilos Fecales .....	70
Gráfico N° 11 Rediseño del sistema colector de aguas residuales de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”.....	77
Gráfico N° 12 Área para la Planta de Tratamiento.....	84
Gráfico N° 13 Corte de un tamiz estático. ....	97
Gráfico N° 14 Esquema del corte de un tamiz rotatorio. ....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Tabla 12. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	33
Tabla N° 2 Ubicación de la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”.....	39
Tabla N° 3 Períodos de Descarga en el Punto de Muestreo N.- 03.....	48
Tabla N° 4 Determinación del Caudal Instantáneo en el Punto de Muestreo N.-01.	54
Tabla N° 5 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.-02.....	55
Tabla N° 6 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.- 03.....	56
Tabla N° 7 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.-04.....	57
Tabla N° 8 Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos a ser analizados. ....	61
Tabla N° 9 Comparaciones de los Resultados Obtenidos con los Límites Máximos Permisibles Establecidos en la Tabla N. 12 Anexo 1. Libro VI. TULSMA.....	62
Tabla N° 10 Cálculo de la Carga Contaminante de las Aguas Residuales Generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-09 “Patria”. ....	83
Tabla N° 11 Datos para el Cálculo del Canal de Llegada. ....	87
Tabla N° 12 Datos para el Cálculo del Cribado. ....	92
Tabla N° 13 Capacidad de trabajo de los tamices estáticos.....	99
Tabla N° 14 Capacidad de trabajo de los tamices rotatorios .....	99
Tabla N° 15 Criterios de diseño de una Trampa de Grasa. ....	101
Tabla N° 16 Sedimentación. ....	103
Tabla N° 17 Criterios de Diseño del Filtro Biológico Lento de Arena.....	109
Tabla N° 18 Rendimiento del proceso de aireación .....	112

## **RESUMEN**

Las aguas residuales descargadas en los ríos Pumacunchi y Cutuchi, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”, por su importancia como agente Contaminante de estos ríos y su afectación aguas abajo a la flora y la fauna. Investigaciones al respecto han encontrado que existe un estudio macro para la descontaminación del mismo, sin embargo no se ha podido implementar por la falta de recursos económicos. La necesidad de agua para diferentes procesos como la agricultura, la industria, es evidente una muestra de ello el cantón Pujilí.

Al realizar el aforo de las descargas de aguas residuales en esta Unidad Militar existe un caudal de 215 l/s, una vez realizado los análisis respectivos en el laboratorio varios parámetros como: color real, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda Bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, tensoactivos (detergentes), no se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el TULAS, Libro VI, Anexo I, Tabla 12, descarga a un cuerpo de agua dulce, los cuales fueron determinados en el campo durante el diagnóstico de la situación actual de las aguas residuales.

Determinado los caudales y comparados los resultados con la normativa ambiental vigente, se realiza el cálculo de los diferentes procesos que componen la planta de tratamiento: pre-tratamiento conformado por el canal de llegada, cribado, tamizado, trampa de grasas; el tratamiento primario: por un sedimentador; el tratamiento secundario: por el filtro biológico lento de arena y el tanque aireador, lo que permitirá que estas aguas se recuperen y puedan ser utilizadas posteriormente para diferentes fines.

**"DESIGN OF A TREATMENT SYSTEM OF WASTE WATER UNLOADED INTO THE RIVERS PUMACUNCHI AND CUTUCHI GENERATED AT THE ARMY BRIGADE OF SPECIAL FORCES N. - 9 PATRIA, DURING 2015 - 2016".**

**Authors: Carlos Manuel Fiallos Chifla  
and Carla Fernanda Mosquera Zapata**

**ABSTRACT**

The waste water unloaded into the rivers Pumacunchi and Cutuchi generated at Army Brigade of Special Forces N.-9 "Patria", for its importance like agent Contaminant of these rivers and affectation downstream to the flora and the fauna. Researchers have found that; there is a macro study for the decontamination of the same one. However they could not have developed because at economical resources. A sample about the water need for different processes such as the agriculture, the industry, it is locates in Pujilí.

On measuring of the unloads of waste water at that Army Unit a flow of 215 exists l/s, once it carried out the respective analyses in the laboratory several parameters as: real color, turbidity, electrical conductivity, total suspended soil, dissolved oxygen, chemical demand of oxygen, Biochemical demand of oxygen, oils and fats, detergents, are not inside the permissible limits established in the TULAS, book VI, Annex I, Table 12, it unloads a body of sweet water, which were determined in the field during the diagnosis of the current situation of the waste water.

On determining the flows and compare the results with the environmental regulation, it carried out the calculation of the different processes that compose the purifying plant of treatment: Pretreatment consists of the penstock, sifting, grease trap; Primary treatment: by a settler tank; secondary treatment: the slow biological sand filter and aerator tank, which will allow these waters to recover and can be used later for other purposes.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, es considerada como un asentamiento urbano porque está conformada por subunidades militares. Cada una de estas subunidades cuenta con oficinas administrativas, bloques multifamiliares, vivienda fiscal para el personal y su familia, servicios de policlínico, cocina, comedor general, Unidad Educativa Patria, escuela de fuerzas especiales, área de mantenimiento, lavandería de vehículos, base de comandos y en cada una de estas dependencias usa agua para las diferentes actividades militares.

Existen alrededor de 4952 habitantes. El área de estudio cuenta con cuatro puntos de descarga de aguas residuales; tres de ellas son domésticas con caudales menores y una descarga de mayor caudal. También existe vertido de efluentes de lavandería de ropa y utensilios de cocina, que todavía no están conectadas al sistema colector de aguas residuales. Las infraestructuras implementadas cuentan con recolectores de agua lluvia, los mismos que se conectan al sistema colector de aguas residuales convirtiéndolo en un sistema mixto, finalmente estas aguas son descargadas tanto al río Cutuchi como al río Pumacunchi sin aplicar ningún tratamiento.

Al realizar el análisis físico, químico y microbiológico de las aguas residuales generadas en esta unidad militar, existen diferentes parámetros que están alterados por lo que no cumple con lo establecido en la normativa ambiental vigente en nuestro

país. Por lo que afecta a la flora, la fauna y genera un foco de infección de origen hídrico que puede afectar a la salud.

Por lo que es conveniente diseñar el sistema de tratamiento de las aguas residuales más adecuado, previa a la descarga en los ríos Pumacunchi y Cutuchi respectivamente, este utiliza diferentes unidades y procesos de depuración tanto físicos, químicos y microbiológicos, lo que permite que el agua residual que se desea tratar disminuya la mayor parte de los contaminantes, con la finalidad que sus parámetros cumplan con los límites permisibles establecidos por la norma.

Basándose en los datos recolectados en campo, el caudal aforado y el análisis realizado a las aguas residuales, se ejecutó un rediseño al sistema colector de aguas residuales, con el propósito de conducir las mismas a un único sistema colector y diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales. Proponiendo cuatro etapas de depuración; el pre-tratamiento: que contempla el canal de llegada, el cribado, el tamizado, la trampa de grasas, tratamiento primario: conformado de un sedimentador, tratamiento secundario: constituido de un filtro biológico lento de arena, un tanque aireador y tratamiento terciario: compuesto de un tanque de desinfección.

Este diseño reducirá la mayor parte de los contaminantes presentes en las aguas residuales generadas en la unidad militar, cumpliendo con la normativa ambiental vigente, con el propósito de poderlas utilizar para distintas actividades posteriormente.

## II. PROBLEMATIZACIÓN

La contaminación de las fuentes de agua se ha convertido en un problema que cada vez es mayor, a esto se suma la baja cobertura en el tratamiento y el abandono de los sistemas implementados, durante las fases de operación y mantenimiento.

A nivel mundial podemos citar lo expuesto en el foro de los recursos hídricos coordinado por el consorcio CAMAREN.

El ser humano utiliza el agua para todas las actividades. Sin agua no se puede sobrevivir, ya sea por el consumo directo en el hogar o por la importancia en cada uno de los procesos productivos como la agricultura, transporte, generación de energía, pesca, procesamiento de alimentos, industria, turismo, usos en las actividades médicas, recreativas y culturales de la sociedad humana, usos que en muchas ocasiones se realizan sin el tratamiento debido a las aguas residuales (Zambrano, C., 2013).

En Latinoamérica las tres cuartas partes de las aguas residuales vuelven a los ríos y otras fuentes hídricas, implantando un serio problema de salud pública y para el medio ambiente, según expertos del Banco Mundial. Los estudios realizados sobre aguas residuales en 9 de 32 países, alrededor del 20 % de las aguas residuales son

tratados en parte porque muchos países latinoamericanos no tienen sistemas de recuperación o tratamiento de aguas residuales.

En el Ecuador los ríos han sido utilizados como receptores de las aguas residuales, estos son capaces de regenerarse por sí mismos, neutralizando los efectos de las grandes cantidades de aguas residuales industriales, domésticas, agrícolas, etc. Sin embargo, frecuentemente las descargas de agua contaminada superan la capacidad de auto regeneración y los ríos se deterioran, lo cual conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua, la desaparición de macro y micro invertebrados y la consecuente destrucción del ecosistema fluvial por la interrupción de las cadenas alimenticias es evidente en nuestro país, evidenciando la carencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En la parroquia de Guaytacama, perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicada la Brigada de Fuerzas Especiales No. 9 “Patria”, la cual está conformada por subunidades militares. Este pequeño asentamiento urbano cuenta con áreas administrativas, bloques de viviendas fiscales para el personal militar y sus familiares. Cuentan también con los Servicios de Policlínico, cocinas, comedores generales, colegio militar, escuela de fuerzas especiales, área de mantenimiento, lubrilavadora de vehículos. En esta unidad militar según el cuadro resumen de efectivos orgánicos se encuentran 231 oficiales, 2245 de tropa con sus respectivas familias, de fecha 02 de septiembre de 2015. Internamente cuenta con un sistema de conducción que recoge las aguas lluvias y servidas de las diferentes dependencias, las mismas que son descargadas sin tratamiento alguno hacia los

cuerpos de agua dulce, incumpliendo la normativa ambiental vigente del país, siendo importante realizar el presente estudio para el diseño de dos sistemas para el tratamiento de las aguas residuales y contribuir a disminuir la contaminación de estos ríos que son parte de la cuenca alta del río Pastaza. Dejando propuesto la implementación del sistema de tratamiento en la unidad militar.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El agua es un recurso natural importante para los animales, las plantas, el ser humano, la industria. El agua de consumo humano, después de ser utilizada contiene una gran cantidad de materia orgánica, aceites, grasas, tenso activos, sólidos en suspensión, microorganismos patógenos entre otros elementos, que al ser descargados sin ningún tratamiento generan un deterioro ambiental. El agua residual descargada en los cuerpos de agua dulce en forma directa alteran su calidad, a tal grado que no se puede dar ningún uso posteriormente.

Según Fernando Cordero, ministro de Defensa, existe interés del gobierno central en velar por el bienestar del personal militar: “Dio a conocer la aprobación presupuestaria en la cual se ha establecido la decisión del gobierno para dotar al personal casado y soltero a nivel nacional, con un total de 1712 viviendas, que serán construidas en los años 2015 y 2016, así también el personal soltero se beneficiará con la construcción de 86 bloques de dormitorios colectivos que permitirán cubrir un total de 5700 plazas para el personal soltero, con esto se estaría cubriendo el déficit existente de vivienda actual” (La Gaceta., 2014). Entonces se puede establecer que en la actualidad, se busca el confort, sin embargo es necesario tomar en cuenta lo que establece la normativa vigente con respecto a las aguas residuales que se generen, debiendo realizar estudios completos, considerando la salud del ambiente, se

incorpore que tratamiento previo se le va a dar a las aguas residuales para su descarga.

El diagnóstico de la situación actual de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales No. 9 “Patria”, el aforo de los caudales, así como el análisis físico-químico y microbiológico, permitirá diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado, con la finalidad de disminuir los contaminantes presentes en estas, la afectación negativa a la flora y fauna cumpliendo a la vez con lo establecido en la normativa ambiental vigente en Ecuador.

Esta preocupación ha ido creciendo y ha generado en el mando militar de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, el personal militar que actualmente presta sus servicios en esta institución, en realizar un estudio, previo a los análisis correspondientes sobre los parámetros y de acuerdo a los límites máximos permisibles para su descarga, se busque el sistema de tratamiento adecuado para cumplir con lo establecido en el TULSMA libro VI , anexo 1, tabla 12, de límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Con los análisis realizados a las aguas residuales y el caudal aforado, se plantea el presente diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, para de esta manera determinar las soluciones más adecuadas que se pueden dar a este problema de contaminación que afecta a la flora y fauna de estos ríos. Cumpliendo además con lo establecido en la normativa ambiental vigente, la misma que queda a disposición de las autoridades

militares para su revisión y ejecución y así garantizar la disminución de la contaminación ambiental a los cuerpos de agua dulce y la avifauna de este ecosistema.

Los beneficiarios de esta investigación que presenta una alternativa de solución mediante el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales descargadas en los ríos Pumacunchi y Cutuchi, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 Patria, serán los 4952 habitantes de esta unidad militar y todos los usuarios de estos ríos aguas abajo que utilizan en diferentes actividades como: riego, abrevadero de animales, industria y futuras investigaciones referentes al tema de estudio.

## **IV. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el sistema para el tratamiento de las aguas residuales, descargadas en los ríos Pumacunchi y Cutuchi, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, periodo 2015 – 2016.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”.
- Verificar los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de aguas residuales con la normativa ambiental vigente.
- Diseñar el sistema de tratamiento de las aguas residuales más adecuado, previo a la descarga en los ríos Pumacunchi y Cutuchi respectivamente.

# **CAPÍTULO I**

## **1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Antecedentes**

La contaminación de los recursos hídricos, ocurre de forma natural o a consecuencia de las actividades del ser humano. Entre las naturales tenemos las erupciones volcánicas, tormentas, la descomposición misma de la materia orgánica, entre otros, son eventos que pueden contaminar el agua. Sin embargo debemos poner énfasis en la contaminación industrial, los asentamientos urbanos que son capaces de terminar con la vida existente de los recursos hídricos.

Kelly A. Reynolds, al realizar un estudio sobre Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, refiriéndose al tratamiento de las aguas residuales concluye que: “Se calcula que solamente 5% de las viviendas en Latinoamérica y el Caribe están conectadas a sistemas de tratamiento de aguas negras, de acuerdo al International Development Research Centre en Ottawa, Canadá. La gran mayoría de estos sistemas

de tratamiento solamente emplean deposición primaria para eliminar los sólidos suspendidos. Mientras los costos de tratamiento de aguas residuales municipales son inseguros, se están tomando los pasos necesarios para mejorar el estado actual. Muchos factores contribuyen al aumento de conocimiento entre los oficiales gubernamentales, políticos, ambientalistas, y los sectores privado y público sobre la necesidad de tratar con este tema tan importante de preservación ecológica y de salud. Los analistas predicen que la cooperación entre los sectores público y privado tendrá un mayor éxito en mejorar la entrega de servicios básicos en la región latinoamericana y dicha cooperación se ha hecho aún más evidente en años recientes”.

En un estudio realizado por Giuseppina Da Ros sobre la contaminación de las aguas en Ecuador: una aproximación económica, al tratar sobre el problema de la contaminación de aguas indica que: “existen evidencias de contaminación por residuos industriales en los ríos Machángara y Monjas, de Quito; en el río Cutuchi de Latacunga; en los ríos Machángara y Tomebamba de Cuenca; en los ríos de Santo Domingo de los colorados (sobre todo el coca y el cucaracha); en los ríos Teaone y Esmeraldas; en el río Guayas de Guayaquil; en el río Babahoyo; en el río Burgay de Azogues y en los ríos del Oriente (Napó, Coca, Aguarico y Cuyabeno)”. Entre sus conclusiones sobre la contaminación de aguas en Ecuador manifiesta que: “Sin embargo, ninguna política ambiental será realmente efectiva sin la cooperación de los empresarios, a los que corresponde en última instancia la responsabilidad de lograr

una producción “más limpia”. Al respecto, los organismos gremiales (cámaras de industriales) podrían organizar directamente programas de capacitación, sobre todo para las pequeñas y medianas empresas, y administrar bases de datos sobre innovaciones tecnológicas menos contaminantes o posibles correctivos en los procesos productivos y en el manejo de productos tóxicos, lo que sería también beneficioso para los trabajadores”. Han transcurrido varios años para que autoridades del cantón Latacunga actualmente se piensen en realizar un proyecto macro de descontaminación del río Cutuchi el mismo que por el alto costo que representa no ha sido posible implementarlo.

En estudios realizados por los autores Nelson Gutiérrez Endara y Sandra Jiménez Noboa quienes escriben sobre El financiamiento del desarrollo sostenible en el Ecuador manifiestan que: “Para evacuar la emisión de los efluentes de los domicilios, la cobertura de servicios y saneamiento en el Ecuador es sumamente baja, el 61,40% de la población urbana y el 36,7 % de la población rural tienen acceso a ellos (Consejo Nacional de recursos Hídricos, 1998). Se observa que la región Costa la tendencia ha sido construir el alcantarillado sanitario separado de los pluviales, en tanto en la sierra predominan los alcantarillados combinados”.

## **1.2 El Agua.**

Según Stanley E. Manahan define que: “el agua, H<sub>2</sub>O, es un compuesto químico asombroso. Es el verdadero medio de la vida. Las formas de vida tempranas se desarrollaron en el agua y solo mucho más tarde, en su evolución, se aventuraron fuera de ella, pero nunca muy lejos. Nuestro propio cuerpo está constituido principalmente por agua”.

### **1.2.1 *Propiedades Importantes del Agua***

Recalcando la importancia del agua en las actividades del ser humano Ángeles Carbajal Azcona y María González Fernández, al hablar de las Funciones biológicas del agua en relación con sus características físicas y químicas dicen que: “El hombre tiene necesidad del agua para realizar sus funciones vitales, para usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para enfriar con ella las centrales de energía. Todas las necesidades aumentan con el crecimiento de la población y con la elevación del nivel de vida”.

Stanley E. Manahan sobre las propiedades más importantes del agua: “el agua tiene varias propiedades importantes que son cruciales en su papel como disolvente, como medio de vida, en el comportamiento ambiental y en usos industriales, basado en las siguientes características de su molécula: la asimetría de la molécula, su naturaleza polar, la capacidad de formar enlaces o puentes de hidrógeno”.

Dentro de las propiedades del agua Ángeles Carbajal Azcona y María González Fernández indican que: “El comportamiento térmico del agua es único y gracias a ello el agua es el principal responsable del sistema termorregulador del organismo, manteniendo la temperatura corporal constante, independientemente del entorno y de la actividad metabólica”.

### ***1.2.2 Distribución del Agua e Importancia en el Medio Ambiente***

Según Ángeles Carbajal Azcona y María González Fernández: “El agua es esa extraordinaria sustancia que ocupa por entero la ciencia de la Hidrología: la Ciencia de las aguas de la Tierra, de sus formas de existencia, de su circulación y distribución, de sus propiedades físicas y químicas, de su correspondencia con el medio ambiente y de sus funciones en los seres vivos”.

Stanley E. Manahan refiriéndose a los organismos vivos en el agua sostiene que: “un sistema acuoso normal es el hábitat de gran número de organismos desde las algas unicelulares hasta los peces”.

### ***1.2.3 Fuentes de Agua***

El ser humano puede utilizar el agua para sus diferentes actividades, así como el ambiente para preservar la avifauna de los ecosistemas, en el presente estudio se tomó

en cuenta las siguientes fuentes de abastecimiento de agua: subterráneas, superficiales, pluviales.

#### **1.2.4 Fuentes Subterráneas**

Carlos Barrios Napurí, Ricardo Torres Ruíz, Teresa Cristina Lampoglía, Roger Agüero Pittman, en la Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades sobre las fuentes subterráneas: “La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos, excavados y tubulares. Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano”.

#### **1.2.5 Fuentes Superficiales**

Sobre las aguas superficiales Carlos Barrios Napurí, Ricardo Torres Ruíz, Teresa Cristina Lampoglía, Roger Agüero Pittman, en la Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades: “Las aguas superficiales están constituidas por los ríos, lagos, embalses, arroyos, etc. La calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras

o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros”.

### **1.2.6 Fuentes Pluviales**

Se denomina aguas pluviales a las provenientes de la lluvia.

## **1.3 Contaminación del Agua**

“La contaminación está dada por la acción y el efecto de introducir materias o diversas formas de energía, o inducir medios en el agua, de manera directa o indirecta, dando lugar a una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función en un ecosistema” (Gallegos, R., 2000). Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos del agua (Onley, 1997). De lo planteado tanto por Gallegos y Ongley la contaminación está dada por la acción y efecto de introducir sustancias orgánicas e inorgánicas procedentes de fuentes naturales y antropogénicas alterando el ciclo hidrológico del agua.

### **1.3.1 Fuentes de Contaminación del Agua**

Las fuentes de contaminación del agua se caracterizan como fuente natural y fuente artificial.

### **1.3.2 Fuentes Naturales**

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar. (García,2002)

### **1.3.3 Fuentes Artificiales**

García (2002), afirma que las fuentes artificiales son producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar”.

### **1.3.4 Principales Contaminantes del Agua**

Según García, se considera “contaminante a cualquier sustancia química, ser vivo o forma de energía que aparezca en proporciones superiores a las consideradas normales, hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en grupos”.

### **1.3.5 *Microorganismos Patógenos***

Para García (2002) los microorganismos patógenos “son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños”.

### **1.3.6 *Desechos Orgánicos***

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad

de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). (García, 2002).

### **1.3.7 *Sustancias Químicas Inorgánicas.***

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Afirma García que “Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua”.

### **1.3.8 *Nutrientes Vegetales Inorgánicos.***

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable. (García, 2002)

### **1.3.9 *Compuestos Orgánicos.***

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

García (2002)

### **1.3.10 *Sedimentos y Materiales Suspendedos.***

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos. García (2002)

### **1.3.11 *Sustancias Radiactivas.***

Según García (2002) “Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua”.

#### **1.3.12 Contaminación Térmica.**

Para García (2002) “El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos”.

### **1.4 Efectos de la Contaminación del Agua en la Salud.**

La contaminación del agua representa un gran problema de salud pública. Los mecanismos de transmisión de las enfermedades pueden darse de dos formas.

#### **1.4.1 Directos.**

Por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados. En otros casos es por contacto cutáneo o

mucoso (con fines recreativos, contacto ocupacional o incluso terapéutico) pudiendo originar infecciones locales en piel dañada o infecciones sistémicas en personas con problemas de inmunodepresión (García, G., 2002).

#### **1.4.2 *Indirectos.***

El agua actúa como vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales. Así mismo, los moluscos acumulan gran cantidad de polivirus y pueden ser ingeridos y afectar a los seres humanos. Finalmente, algunos insectos que se reproducen en el agua son transmisores de enfermedades como el paludismo o la fiebre amarilla. (García, 2002)

### **1.5 Aguas Residuales**

Según Romero (2004) “las aguas residuales son las aguas captadas y usadas por los seres humanos en sus diferentes actividades y que de una u otra manera los sólidos se introducen en ellas para luego ser transportadas mediante el sistema de conducción de aguas residuales”.

### **1.5.1 *Características de las Aguas Residuales***

Romero (2004) Para Jairo Alberto Romero Rojas “toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados”.

### **1.5.2 *Tipos de Aguas Residuales***

#### **1.5.2.1 *Aguas Residuales Domésticas***

Romero (2004) Según Jairo Alberto Romero Rojas: “se considera aguas residuales domésticas a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales”.

#### **1.5.2.2 *Aguas Residuales Municipales***

Romero (2004) según Jairo Alberto Romero Rojas “Se denominan aguas residuales municipales a los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal”.

#### **1.5.2.3 *Aguas Negras***

Romero (2004) Sobre las aguas negras Jairo Alberto Romero Rojas: “se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales”.

#### 1.5.2.4 *Aguas Grises*

Romero (2004) Para Jairo Alberto Romero Rojas define a las aguas grises: “aquellas aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, portantes de DBO, sólidos suspendidos, fosforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros”.

### **1.5.3 *Métodos de Aforo***

En estudios referentes a tratamiento de aguas residuales es importante conocer los métodos de aforo según investigadores Barrios, C.; Torres, .; Lampoglia, T.; Agüero, R., (2009) “existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 l/s. y el segundo para caudales mayores a 10 l/s.”.

#### **1.5.4 Método Volumétrico**

Uno de los métodos que tenemos es el volumétrico Barrios, C.; Torres, R.; Lampoglia, T.; Agüero, R., (2009) Según los autores “El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en l/s.”.

#### **1.5.5 Método de Velocidad – Área**

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que discurre de la fuente tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme. Se toma un trecho de la corriente; se mide el área de la sección; se lanza un cuerpo que flote, aguas arriba de primer punto de control, y al paso del cuerpo por dicho punto se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0.8 a 0.9. (Barrios, C.; Torres, R.; Lampoglia, T.; Agüero, R., 2009, p.34)

#### **1.5.6 Método de Vertedero y Canaletas**

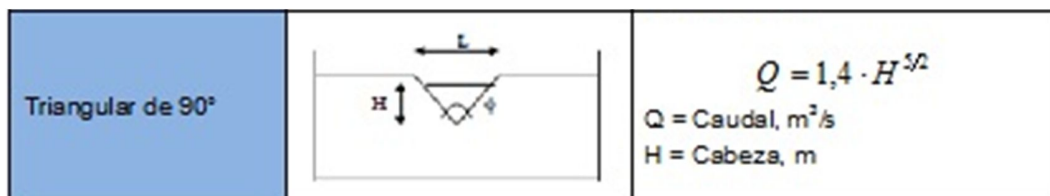
Tenemos también el método de vertedero y canaletas. El aforo con vertedero es otro método de medición de caudal, útil en caudales pequeños.

Barrios, C.; Torres, R.; Lampoglia, T.; Agüero, R., (2009) Según estos autores “Se interrumpe el flujo del agua en la canaleta y se produce una depresión del nivel, se mide el tamaño de la lámina de agua y su altura. El agua cae por un vertedero durante cierto tiempo, se mide la altura de la lámina y se calcula la cantidad de agua que se vertió en ese tiempo”.

### 1.5.7 Método de vertedero triangular de 90°

Desde el punto de vista de la sección por la cual se da el vertimiento tenemos el vertedero triangular. En caso de tomar la decisión de utilizar un vertedero de geometría conocida implica necesariamente que el flujo del vertimiento se dirija sobre un canal abierto, en el cual se pueda conocer la carga o cabeza (H) de la corriente sobre el vertedero. Con este valor se podrá determinar el caudal en el canal. (Coa, R., 2016)

**Gráfico N° 1 Vertedero triangular de 90° y su fórmula ( $Q=1,4 \cdot H^{5/2} \cdot 1000$ ).**



**Fuente:** Coa Renzo.

Coa, R. (2016) Según el informe presentado “recomienda utilizar vertederos triangulares para descargas pequeñas, en dónde se debe cuidar que la cabeza (H) mínima sea de 6 cm y la máxima de 60 cm”.

## **1.6 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales**

La prevención de la polución del agua y del suelo sólo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente. Romero (2004) Para Jairo Alberto Romero Rojas “el objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad”.

### **1.6.1 *Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales***

El tratamiento de las aguas residuales va a estar ampliamente relacionado con los tipos de efluentes y métodos disponibles aplicables.

La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.

- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y la comparación de costos de las alternativas propuestas.
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento del sistema construido (Romero, 2004, p. 179).

### **1.6.2 Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales**

Estas alternativas podemos agrupar en tres categorías principales:

- 1) **Primario**: eliminará del agua residual los contaminantes que floten. Eliminará en forma característica, 60% de los sólidos suspendidos en las aguas negras sin tratar, y 35% de la DBO<sub>5</sub>. No se eliminarán los contaminantes solubles.
- 2) **Secundario**: elimina más del 85% del DBO<sub>5</sub> y los sólidos suspendidos, no anula cantidades importantes de nitrógeno, fosforo o metales pesados, ni elimina por completo las bacterias y los virus patógenos.
- 3) **Terciario o avanzado**: puede consistir en tratamiento químico y filtración del agua residual. Algunos de esos procesos eliminan hasta el 99% de la DBO<sub>5</sub>, el fósforo, los sólidos suspendidos, las bacterias y el 95% del nitrógeno. (Mackenzie, 2005).

### **1.6.3 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales**

La selección de tal o cual proceso implementar va a depender de ciertas características como: las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, la disponibilidad de terreno, los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento, la confiabilidad del sistema de tratamiento, la facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes. Romero (2004) Con respecto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales Jairo Alberto Romero Rojas: “la mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas”.

## **1.7 Marco Conceptual**

**Aforo de una Corriente.-** Proceso a través del cual se efectúa la medición del nivel y del gasto de las corrientes de agua en una sección determinada. (Crid, 2000)

**Agua.-** Líquido inodoro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70% de la superficie de la Tierra. Formado por dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, que se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso. (Barla, 2008)

**Agua Contaminada.**- Agua que ha sido afectada o deteriorada su calidad original, producto de la incorporación de elementos indeseables o contaminantes. (Barla, 2008)

**Aguas Pluviales.**- Aguas procedentes de las precipitaciones o lluvias. (Barla, 2008)

**Aguas Residuales.**- Son las contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas. Sinónimo de aguas negras. (Barla, 2008)

**Aguas Superficiales.**- Aguas situadas sobre el nivel freático, como por ejemplo lagos, ríos etc. (Barla, 2008)

**Bacterias.**- Término genérico que cubre el conjunto de los micro-organismos unicelulares con núcleo desprovisto de membrana, con cromosoma único, generalmente con una pared exterior y capaz de multiplicarse por fragmentación. Microorganismo unicelular procariota. Son los seres más primitivos y resistentes que habitan la Tierra. Ocupan todos los hábitats conocidos, desde los hielos de la Antártida hasta las profundidades de los océanos. Especies vivientes caracterizadas

por ser unicelulares y producir cambios en su estructura, capaces de ser cultivadas y reproducidas por un elemento orgánico no vivo. (Barla, 2008)

**Coliformes.**- Bacterias comunes en el intestino de los vertebrados, entre ellos el hombre Su presencia en las aguas, con índices altos. Se toma como indicador de contaminación por excremento humano. (Barla, 2008)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O).**- Demanda bioquímica de oxígeno. Cantidad de oxígeno consumida durante un tiempo determinado, a temperatura dada, para descomponer por oxidación orgánica del agua. (Barla, 2008)

**Demanda Química Oxígeno (DQO).**- Es una medida compleja de la contaminación química del agua, basada en la determinación de los miligramos de Oxígeno (O<sub>2</sub>) consumidos por litro de muestra que se somete a un proceso de “digestión”, es decir, que se calienta a 150° C durante dos horas en presencia de un agente oxidante fuerte (como el bicromato de potasio). (Barla, 2008)

**Desarenador.**-Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación. (OPS, 2005)

**Partículas.**- Sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración. (OPS, 2005)

**Materia Orgánica.**- Compuestos químicos que tienen carbono combinado con otros elementos químicos. Las materias orgánicas pueden ser de origen natural o antropogénico. La mayoría de los compuestos orgánicos son una fuente de alimentación para las bacterias, y normalmente son combustibles. (Barla, 2008)

**Partículas.**- Sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración. (OPS, 2005)

**Partícula discreta.**-Partícula que no cambia de características durante la caída. (OPS, 2005)

**Pre Tratamiento.**- Etapa de tratamiento que comprende la eliminación de los sólidos gruesos, arena, grava o material flotante del agua residual. (Barla, 2008)

**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**- Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) o Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), es el conjunto de procesos y operaciones unitarias encaminadas a la depuración de las aguas residuales antes de su vertido al cuerpo receptor, mitigando el daño al medio acuático (Lozano-rivas, 2012).

**Sedimentador o Decantador.**- Dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua. (OPS, 2005)

**Sedimentación.**- Proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua. (OPS, 2005)

**Sedimentación simple.**- Proceso de depósito de partículas discretas. (OPS, 2005)

**Sistema de Tratamiento.**- Conjunto de operaciones y procesos físicos, químicos y/o biológicos, cuya finalidad es depurar la calidad del agua residual a la que se aplican. (Barla, 2008)

**Sólidos decantables o sedimentables.**- Fracción del total de sólidos en el agua que se separan de la misma por acción de la gravedad, durante un periodo determinado. (OPS, 2005)

**Tratamiento Primario.**- El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos en un 50%. (Barla, 2008)

**Tratamiento Secundario.**- El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso. (Barla, 2008)

**Tratamiento adecuado.-** El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación. (Barla, 2008)

**Turbiedad.-** Claridad relativa del agua que depende, en parte, de los materiales en suspensión en el agua (OPS, 2005).

## **1.8 Marco legal.**

### **1.8.1 *Constitución de la República del Ecuador (2008)***

1.8.1.1 *Capítulo segundo - Derechos del buen vivir - Sección segunda - Ambiente sano.*

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (sumak kawsay).

### **1.8.2 *Cumbre para la Tierra - Programa 21.***

1.8.2.1 *Capítulo 18. Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce.*

18.1 Los recursos de agua dulce son un componente esencial de la hidrosfera de la Tierra y parte indispensable de todos los ecosistemas terrestres. El medio de agua dulce se caracteriza por el ciclo hidrológico, que incluye las inundaciones y sequías, cuyas consecuencias se han vuelto en algunas regiones más extremas y dramáticas durante los últimos años. El cambio climático mundial y la contaminación atmosférica podrían también tener consecuencias para los recursos de agua dulce y su disponibilidad y, con la elevación del nivel del mar, poner en peligro las zonas costeras bajas y los ecosistemas de las islas pequeñas.

18.2 El agua se necesita en todos los aspectos de la vida. El objetivo general es velar por que se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua. Es preciso contar con tecnologías innovadoras, entre ellas las tecnologías locales mejoradas para aprovechar plenamente los recursos hídricos limitados y protegerlos contra la contaminación.

18.3 La escasez generalizada de recursos de agua dulce, su destrucción gradual y su creciente contaminación, así como la implantación progresiva de actividades incompatibles en muchas regiones del mundo, exigen una planificación y una ordenación integradas de los recursos hídricos. Esa integración ha de abarcar todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, y ha de tener debidamente en cuenta los aspectos de la cantidad y calidad del agua. Debe reconocerse el carácter multisectorial del aprovechamiento de los recursos hídricos en el contexto del desarrollo socioeconómico, así como la utilización de esos recursos para fines múltiples como el abastecimiento de agua y el saneamiento, la agricultura, la industria, el desarrollo urbano, la generación de energía hidroeléctrica, la pesca en aguas interiores, el transporte, las actividades recreativas, la ordenación de las tierras bajas y las planicies y otras actividades. Los sistemas racionales de utilización del agua para el aprovechamiento de las fuentes de suministro de agua, sean de superficie, subterráneas u otras posibles, deben estar apoyados por medidas concomitantes encaminadas a conservar el agua y reducir al mínimo el derroche. Sin embargo, cuando sea necesario, habrá de darse prioridad a las medidas de prevención y control de las inundaciones, así como al control de la sedimentación.

**1.8.3 *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua (R. O.***

***N.- 305 – SEGUNDO SUPLEMENTO 06 de Agosto de 2014)***

1.8.3.1 *Título III. Derechos, Garantías y obligaciones. Capítulo III. Derechos de la naturaleza.*

**Art. 66.-** Restauración y recuperación del agua. La restauración del agua será independiente de la obligación del estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados.

1.8.3.2 *Capítulo VI. Garantías preventivas.*

Sección Segunda. Objetivos de prevención y control de la contaminación del agua.

**Art. 79** Objetivos de prevención y conservación del agua. a) garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kausay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, equilibrado y libre de contaminación. E) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósitos de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten a la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.

**Art. 80.-** Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directo indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

1.8.3.3 *Título V. Infracciones, sanciones y responsabilidades.*

#### **Capítulo I. Infracciones.**

**Art. 151.-** Infracciones administrativas en materia de los recursos hídricos.

9) Verter aguas contaminadas sin tratamiento o sustancias contaminantes en el dominio hídrico público.

**Art. 153.-** Procedimiento sancionatorio de infracciones administrativas. El inicio del procedimiento sancionatorio a las infracciones administrativas a las que se hacen referencia en este título, procede por denuncia de cualquier persona en ejercicio de sus derechos o de la autoridad Única del Agua.

#### **1.8.4 Ley Orgánica de Salud, Registro oficial Nro. 423 (2006)**

##### **1.8.4.1 Libro Segundo Artículo 95**

La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias. El Estado a través de los organismos competentes y el sector privado está obligado a proporcionar a la población, información adecuada y veraz respecto del impacto ambiental y sus consecuencias para la salud individual y colectiva.

#### **1.8.5 Ley de Gestión Ambiental, (Registro Oficial 418, 10-IX-2004)**

**Art. 1.-**La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

**Art. 6.-** El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales

protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

### **1.8.6 *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)***

1.8.6.1 *Criterios generales para la descarga de efluentes. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de conducción de aguas residuales, como a los cuerpos de agua dulce.*

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor.

Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

En la tabla 12 de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de conducción de aguas residuales y cuerpos de agua (dulce), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que

permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de conducción de aguas residuales certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

#### ***1.8.7 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.***

Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

Toda descarga a un cuerpo de **agua dulce**, deberá cumplir con los valores establecidos en la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla N° 1 Tabla 12. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5

Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales dePetróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos		mg/l	100

Totales			
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

**Fuente:** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA).

1.8.7.1 *Norma Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2176: 1998) AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.*

Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluidas y aguas residuales para su caracterización.

1.8.7.2 *Norma Técnica del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 2226:2012) AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO.*

Esta norma establece los principios generales a ser aplicados en el diseño de los programas de muestreo para el control de la calidad, caracterización de la calidad e identificación de las fuentes de contaminación en el agua, incluidos los sedimentos y los lodos.

## **CAPÍTULO II**

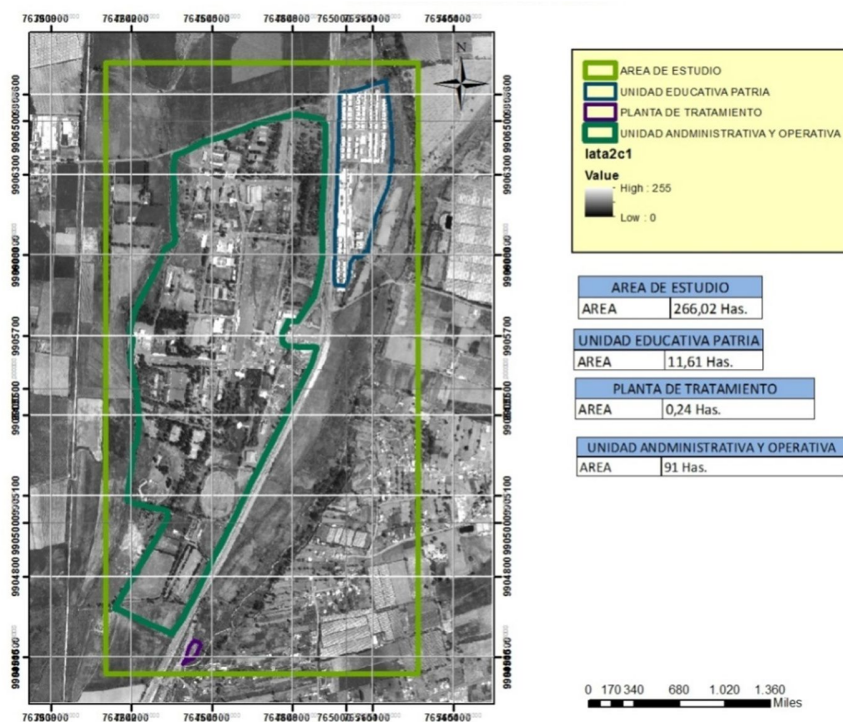
### **2 DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

#### **2.1 Diseño Metodológico**

### **2.1.1 *Área de Estudio***

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “PATRIA”, se encuentra conformada por sub unidades militares como: Grupo de fuerzas especiales N.- 9, Grupo de fuerzas Especiales N.- 26, Grupo de fuerzas especiales N.-25, Escuela de Fuerzas Especiales N.- 9, Comando de Estado Mayor N.- 9, cuartel General (Banda de músicos) N.- 9, Comando de Apoyo logístico N.- 9, Escuadrón Policía Militar N.- 9, Grupo Especial de comandos N.- 9, Grupo de Operaciones Especiales. El personal militar que labora en estas sub unidades militares cuenta con los servicios de: vivienda fiscal, colegio militar, policlínico N.- 9, casino y cantina, oficinas administrativas, cocinas y comedores generales, dormitorios generales para el personal soltero y solteros geográficos, los mismos que usan agua en las diferentes actividades propias del ser humano y a su vez debido al constante entrenamiento y preparación militar. Sobre lo cual se desarrolla el presente trabajo, con el fin de aportar a la descontaminación de las aguas que han sido usadas y mezcladas con las procedentes de cada uno de estas áreas con sus respectivas características, las mismas que son descargadas como aguas residuales hacia los ríos Pumacunchi y Cutuchi sin tratamiento alguno.

### **Gráfico N° 2 Área de Estudio.**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “PATRIA”, es una unidad militar que durante su trayectoria ha venido formando personal altamente especializado en el aire, mar y tierra. En esta unidad se forman los paracaidistas, hombres ranas y comandos del glorioso Ejército Ecuatoriano. Los diferentes procedimientos utilizados en la formación y entrenamiento del personal diariamente hacen que demande un gran volumen de agua para la alimentación, el aseo personal, el lavado de la vestimenta, la limpieza de las diferentes instalaciones, entre otros.

### 2.1.2 *Ubicación de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “PATRIA”.*

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “PATRIA”, está ubicada en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Guaytacama, panamericana norte Km 12 vía a Quito.

**Tabla N° 2 Ubicación de la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”.**

<b>COORDENADAS UTM. Zona 17 M</b>		
Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Altura: msnm
764764	9905674	2.876.849

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

### **2.1.3 Unidad de Estudio**

La unidad de estudio fue las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas especiales N.- 9 “Patria”, procedentes de las diferentes dependencias en donde se usa agua para los diferentes procedimientos que la actividad militar demanda, el sistema de conducción de las mismas hasta los puntos de descarga en los cuerpos de agua dulce.

## **2.2 Tipos De Investigación**

El presente trabajo investigativo está basado en diferentes tipos de investigación, como la investigación bibliográfica y de campo, a su vez tiene carácter descriptivo.

### **2.2.1 *Investigación Bibliográfica.***

La revisión bibliográfica ayudó a fortalecer los conocimientos referentes a sistemas de tratamiento de aguas residuales, mediante las fuentes bibliográficas disponibles se obtuvo información que permitió describir, interpretar y explicar las causas y efectos del problema estudiado para realizar las conclusiones y recomendaciones del mismo.

### **2.2.2 *Investigación de Campo.***

En la recolección y toma de los datos en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria” (campo), se utilizó el método científico obteniendo conocimientos sobre las aguas residuales, la misma que contribuyó a cumplir con los objetivos de la investigación.

La investigación de campo se efectuó mediante los puntos de muestreo (puntos de descarga hacia los ríos), de las aguas residuales y la medición de caudales, los mismos que sirvieron para determinar el diseño apropiado para el tratamiento de las aguas en forma adecuada.

### **2.2.3 Investigación Descriptiva.**

Mediante esta investigación se logró describir de modo sistemático las características de las aguas residuales generadas en las diferentes dependencias de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, también la situación actual y el área de influencia.

## **2.3 Metodología**

La investigación es de carácter no experimental debido a que no se aplicó experimentos puros, porque se utilizaron técnicas como: la revisión bibliográfica y de campo a nivel exploratorio y descriptivo aplicando el método sintético, partiendo del problema de forma analítica, para ir ordenando los resultados correctamente.

En la visita de campo se estableció los puntos de muestreo para cumplir con los respectivos procedimientos, además se determinó los materiales necesarios para realizar el trabajo en campo, reconocimiento del lugar y definir el lugar adecuado para implementar los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, en base al

caudal de diseño aforado  $Q=215,513$  l/s., antes de descargar los cuerpos de agua dulce respectivamente.

### **2.3.1 *Métodos y Técnicas***

#### **2.3.2 *Métodos***

##### **2.3.2.1 *Método Inductivo***

Este método se utilizó ya que se partió de casos particulares para ir a lo general, se aplicó en toda la investigación al realizar el diagnóstico del área de estudio, conociendo de esta manera la situación actual de las aguas residuales, sus fuentes generadoras y determinar posibles alternativas de solución.

El método Inductivo cuenta con varios procesos didácticos en los cuales se apoya el presente estudio:

La observación que permite captar y analizar las características más notables, esto ayudará a determinar las posibles soluciones de acuerdo al caso.

La comparación muestra las semejanzas y diferencias de objetivos, hechos o fenómenos aportando a la búsqueda de estrategias de solución.

#### 2.3.2.2 *Método Deductivo*

Este facilita realizar análisis y dar explicaciones sobre las diferentes características de las aguas residuales, determinar el diseño de la planta de tratamiento de estas aguas, y plantear alternativas de solución a la problemática.

Los procedimientos que podemos utilizar de este método son:

La Aplicación: lo que posibilitó realizar la identificación y determinación del volumen o el caudal de las aguas residuales fundamental para calcular el área necesaria para cada uno de los tratamientos ya sean preliminares, primarios,

secundarios o terciarios de ser el caso para la planta de tratamiento de estas aguas residuales.

### *2.3.2.3 Método de Análisis*

Por medio de este método se logró analizar y diagnosticar las aguas residuales en el área de estudio, basado en la información obtenida en campo y los resultados obtenidos en laboratorio.

## **2.3.3 Técnicas**

### *2.3.3.1 Técnica de Observación*

Tras realizar esta técnica se consiguió observar, los acontecimientos directamente o indirectamente, así como los sucesos que se manifestaron durante el estudio de las aguas residuales en la Brigada de Fuerzas especiales N.- 9 “Patria”.

### *2.3.3.2 Técnica Documental*

Esta técnica establece como fuentes o materiales de consulta las fuentes bibliográficas, iconográficas, fonográficas y algunos medios magnéticos.

#### 2.3.3.3 *Técnica de Muestreo*

Para la toma de muestras de agua residual se tomó en cuenta las normas técnicas determinadas por el INEN, como es: **La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98, que redacta acerca de las técnicas de muestreo.**

Teniendo en cuenta la presente técnica se procedió a tomar la muestra la cual fue representativa, es decir, la variable en la muestra fue de igual valor que la del cuerpo de agua descargado en el lugar y en el momento del muestreo. Por lo tanto este cuerpo de agua fue completamente homogenizado en el lugar de muestreo.

Logrando que la concentración relativa de todos los componentes sea la misma en la muestra que el caudal de procedencia, y que la muestra sea manejada de tal forma que no se produzca alteraciones representativas en los resultados.

La muestra de agua fue tomada en cada uno de los puntos de muestreo establecidos aplicando la misma técnica.

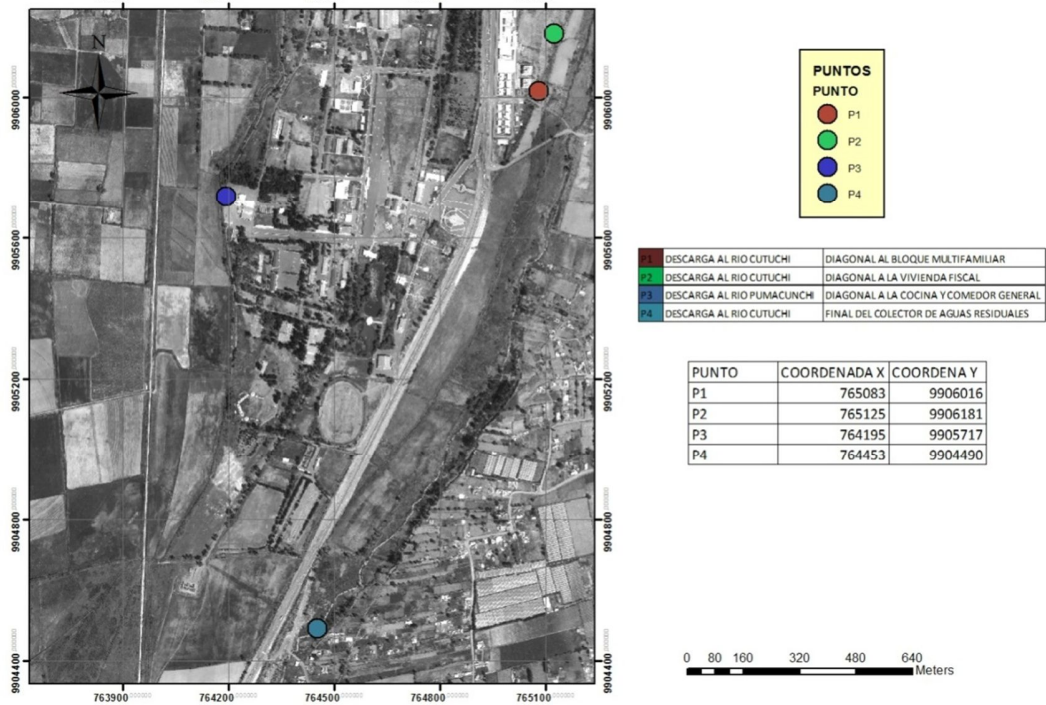
- La muestra de agua se envasó en un recipiente plástico graduado de 5 litros. Ver anexo N. 04.
  
- Una vez colectado las muestras en un recipiente plástico de mayor volumen, se procede a mezclar para alcanzar una muestra homogénea.

#### **2.3.4 *Puntos de Muestreo***

Los puntos de muestreo se establecieron en cada una de las descargas finales, punto donde terminan los sistemas de conducción de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, antes de tomar contacto con los cuerpos de agua dulce conocidos como río Pumacunchi y río Cutuchi.

**Gráfico N° 3 Puntos de Descarga de las Aguas Residuales Generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”.**

### PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES



Elaborado por: Carlos Fiallos y Carla Mosquera

### 2.3.5 Características de los puntos de muestreo.

#### 2.3.5.1 Punto de Muestreo N.-01, descarga al Río Cutuchi.

El agua residual en cada uno de los puntos presenta un color turbio y sin olor, la recolección de la muestra N.-01 se realizó en las coordenadas 765083 E y 9906016 N, a una altura de 2881 msnm. Las aguas residuales llegan a un tanque de oxidación con tubería PVC de 250 mm y finalmente son descargadas al río Cutuchi.

### 2.3.5.2 *Punto de Muestreo N.- 02, descarga al Río Cutuchi.*

La recolección de la muestra N.- 02 se realizó en las coordenadas 765125 E y 9906181 N, a una altura de 2888 msnm. Las aguas residuales llegan a este punto por tubería PVC de 110° mm y finalmente son descargadas a los pantanos cercanos al río Cutuchi.

### 2.3.5.3 *Punto de Muestreo N.- 03, descarga al Río Pumacunchi.*

La recolección de la muestra N.- 03 se realizó en las coordenadas 764195 E y 9905717 N, a una altura de 2876 msnm. Las aguas residuales llegan a este punto conducidas por tubería PVC de 90 mm, las mismas que son procedentes de la cocina y comedor general, se determinó que solo se generan aguas residuales en este punto durante la limpieza de las instalaciones, vajilla y utensilios.

**Tabla N° 3 Períodos de Descarga en el Punto de Muestreo N.- 03.**

<b>Con caudal de descarga Aforado</b>	<b>Sin caudal de descarga</b>
---------------------------------------	-------------------------------

( Q=6,66 l/s )		
Hora		Hora
05:30 a 07:00 am.	Mínimo	10:00 am. A 11:00 am.
07:00 a 10:00 am	Máximo	
11:00 a 12:30 pm.	Mínimo	14:00 a 17:30 pm.
12:30 a 14:00 pm.	Máximo	
17:30 a 18:30 pm.	Mínimo	20:00 pm. a 05:30 am
18:30 a 20:00 pm.	Máximo	

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

#### 2.3.5.4 *Punto de Descarga N.- 04 Final del Sistema Colector, Descarga al Río*

*Cutuchi.*

La recolección de la muestra N.- 04 se realizó en las coordenadas 764453 E y 9904490 N a una altura de 2856 msnm. Las aguas residuales son conducidas hasta este punto a través de un canal construido a base de piedra y hormigón tiene 1m. de ancho y 1,50 cm. de alto internamente, con un grosor de sus paredes y piso de 20 cm. Este medio de conducción de las aguas residuales recoge las aguas generadas en las diferentes dependencias del área operativa y administrativa del área de estudio.

#### **2.3.6 *Muestra compuesta***

Se tomó varias muestras en distintos momentos y se colocó en un recipiente de mayor tamaño, en cada uno de los puntos de muestreo establecidos tomando 5 litros por muestra, luego de colocar en el recipiente se procedió a mezclar para obtener una muestra homogénea. Adicional se midió el caudal instantáneo en 3 de los puntos

establecidos, uno de los puntos no fue posible medir debido al caudal y velocidad de las aguas residuales siendo necesario buscar otro método de medición de caudales como el vertedero triangular de 90°.

### ***2.3.7 Procedimiento para recolección de las Muestras a Enviar al Laboratorio.***

Observando las políticas del laboratorio y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, del manejo y conservación de las muestras. Se toma las muestras para enviar al laboratorio de la muestra compuesta de acuerdo a los siguientes requerimientos:

- Cantidad requerida: 4000 ml
- Tipo de envase: plástico (4000 ml), vidrio (1000 ml), plástico (500 ml), estéril.
- Refrigeración: 2 - 5 C°
- Tiempo máximo de envío de muestras desde su recolección: plástico (estéril) 4000 ml (24 horas), plástico (estéril) 500 ml.

### ***2.3.8 Llenado del Recipientes***

Para llenar los recipientes enviados al laboratorio se procedió de la siguiente manera:

- La muestra para los análisis físicos y químicos se tomó por debajo de la superficie como lo establece la norma, introduciendo el recipiente y tapándolo una vez lleno, con la finalidad de tener una buena muestra homogénea del agua residual. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte evitando la modificación del contenido y la variación del pH.
- En el restante del volumen de agua residual procedemos a remover en círculo y destapando en una forma rápida se introduce el recipiente, el mismo que se lo orienta en sentido contrario a la corriente creada para llenarlo con una cantidad adecuada, hasta las  $\frac{3}{4}$  partes del recipiente lo que permite la agitación de la muestra. Muestra que se envía para el análisis microbiológico.

### ***2.3.9 Identificación y registro de las muestras***

Las muestras se registraron de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana **NTE INEN 2176:98**.

### ***2.3.10 Identificación de las Muestras de Agua Residual***

Para la identificación de las muestras se tomó en cuenta los siguientes datos informativos lo que facilitará el manejo e identificación en el laboratorio:

- a) Ubicación: Brigada de Fuerzas especiales N.- 9 “Patria”, panamericana Norte Km. 12<sup>1/2</sup>.
- b) Procedencia: Agua residual doméstica
- c) Fecha: 29/12/2015
- d) Tipo de muestra: Muestra compuesta
- e) Hora: 11:00 am
- f) Responsables de la toma: Carlos Fiallos y Carla Mosquera
- g) Temperatura: 16°C

### ***2.3.11 Conservación de las Muestras***

Para el manejo y conservación de las muestras se toma en cuenta la **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, del manejo y conservación de las muestras.**

- Una vez etiquetada la muestra se procede al resguardo de las muestras que consiste en brindarle sombra y temperatura baja para evitar la alteración en los resultados. (Ver anexo N°1)

- Inmediatamente después de la toma, etiquetado y resguardo de las muestras se procede a trasladarlas hacia el laboratorio para su respectivo análisis con las respectivas medidas y precauciones de conservación. Ver anexo 4.

### ***2.3.12 Técnica de Medición***

Esta técnica de investigación ayudó a decidir sobre la forma y la cantidad requerida de las muestras recolectadas, estableciendo en 5 litros para cada muestra recolectada en los puntos establecidos. Ver anexo N.- 03.

- En el punto de muestreo N.- 01, ubicado en las coordenadas 765083E y 9906016N, a una altura de 2881 msnm, se procedió a medir el caudal instantáneo ayudado de los siguientes materiales: una cuerda, un madero, un recipiente plástico de 5 litros, cronómetro, libreta de campo, esferos.

**Tabla N° 4 Determinación del Caudal Instantáneo en el Punto de Muestreo N.-**

**01.**

<b>Número de medición</b>	<b>5 LITROS / TIEMPO</b>	<b>CAUDAL Q=l/s.</b>
1	7 s.	0,71
2	6 s.	0,83
3	7 s.	0,71
4	7 s.	0,71
5	7 s.	0,71
	Suma total.	3,67
	<b>Caudal Promedio.</b>	<b>0,734 l/s.</b>
	<b>Caudal Máximo</b>	<b>0,83 l/s.</b>

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

- Para la medición del caudal instantáneo en el punto de muestreo N.- 02, ubicado en las coordenadas 765125 E y 9906181 N, a una altura de 2888 msnm, ayudado de los siguientes materiales: un recipiente plástico de 5 litros, cronómetro, libreta de campo, esferos. Se procedió a colocar el recipiente en el tubo de descarga e inmediatamente se toma el tiempo este procedimiento se repite por 5 veces registrando sus datos.

**Tabla N° 5 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.-02.**

<b>Número de medición</b>	<b>5 LITROS / TIEMPO</b>	<b>CAUDAL Q=l/s.</b>
1	5 s.	1
2	5 s.	1
3	6 s.	0,83
4	5 s.	1
5	5 s.	1
	Suma total.	4,83
	<b>Caudal Promedio.</b>	<b>0,966 l/s.</b>
	<b>Caudal Máximo</b>	<b>1 l/s.</b>

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

- Para la medición del caudal instantáneo en el punto de muestreo N.- 03, ubicado en las coordenadas 764195 E y 9905717 N, a una altura de 2876 msnm, ayudado de los siguientes materiales: un recipiente plástico de 5 litros, cronómetro, libreta de campo, esferos. Siendo las 09:30 am. De la mañana, colocando el recipiente plástico en el tubo de descarga se toma el tiempo, repitiendo el procedimiento por 5 veces. Es necesario resaltar que no es un caudal permanente, debido a que en este punto solo existe descarga durante la limpieza de las instalaciones, lavado de la vajilla e utensilios de la cocina y comedor general.

**Tabla N° 6 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.- 03**

<b>Número de medición</b>	<b>5 LITROS / TIEMPO</b>	<b>CAUDAL Q=l/s.</b>
1	3 s.	1,666
2	3 s.	1,666
3	4 s.	1,25
4	4 s.	1,25
5	3 s.	1,666
	Suma total.	7,498 l/s.
	<b>Caudal Promedio</b>	<b>0,499 l/s.</b>
	<b>Caudal Máximo</b>	<b>1,666 l/s.</b>

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

- Para la medición del caudal en el punto de muestreo N.- 04, ubicado en las coordenadas este 764453 y coordenadas norte 9904490 a una altura de 2856 msnm. Debido al caudal y la pendiente del canal de descarga se consideró aplicar el método del vertedero triangular. Para lo cual fue necesario utilizar los siguientes materiales: un vertedero triangular, un nivel, un flexo metro, libreta de campo, esferos. Una vez instalado el vertedero e impermeabilizado en su totalidad para que no haya fugas, se procede a registrar la altura alcanzada desde el eje del vertedero triangular de 90° hasta la superficie, conocido como H. Ver anexo N. 04.

**Tabla N° 7 Determinación del caudal en el punto de muestreo N.-04.**

<b>DIA</b>	<b>HORA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>CAUDAL</b> <b><math>Q=1,4*H^{5/2}*1000</math></b>	<b>SIN</b> <b>LLUVIA</b>	<b>CON</b> <b>LLUVIA</b>
Sábado 09/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,37 cm. 0,40 cm. 0,35 cm.	Q= 116,582 l/s. Q= 141,670 l/s. Q= 101,460 l/s. Q. Prom=119,904 l/s. Q. Max=141,670 l/s.	X	
Domingo 10/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,37 cm. 0,38 cm. 0,36 cm.	Q= 116,582 l/s. Q= 124,619 l/s. Q= 108,864 l/s. Q. Prom= 116,688 l/s. Q. Max= 124,619 l/s.	X	
Lunes 11/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,40 cm. 0,37 cm. 0,35 cm.	Q= 141,670 l/s. Q= 116,582 l/s. Q= 101,460 l/s. Q. Prom= 119,904 l/s. Q. Max= 141,670 l/s.	X	
Martes 12/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,47 cm. 0,45 cm. 0,37 cm.	Q= 212,017 l/s. Q= 190,177 l/s. Q= 116,582 l/s. Q. Prom= 172,925 l/s. Q. Max= 212,017 l/s.		X
Miércoles 13/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,37 cm. 0,36 cm. 0,35 cm.	Q= 116,582 l/s. Q= 108,864 l/s. Q= 101,460 l/s. Q. Prom= 108,968 l/s. Q. Max= 108,864 l/s.	X	
Jueves 14/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,38 cm. 0,39 cm. 0,35 cm.	Q= 124,619 l/s. Q= 132,980 l/s. Q= 101,460 l/s. Q. Prom= 119,686 l/s. Q. Max= 132,980 l/s.	X	

Viernes 15/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,37 cm. 0,45 cm. 0,46 cm.	Q= 116,582 l/s. Q= 190,177 l/s. Q= 200,919 l/s. Q. Prom= 169,226 l/s. Q. Max= 200,919 l/s.		X
Sábado 16/01/2016	09:30 am. 13:30 pm. 18:30 pm.	0,38 cm. 0,41 cm. 0,39 cm.	Q= 124,619 l/s. Q= 150,691 l/s. Q= 132,980 l/s. Q. Prom= 136,096 l/s. Q. Max= 150,691 l/s.	X	

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

El vertedero triangular de 90° ayudó a registrar los caudales máximos alcanzados en los períodos de tiempo con presencia de lluvia y en ausencia de lluvia. Durante la lluvia del día martes 12 de enero del 2016 se pudo registrar un caudal máximo de Q. Max= 212,017 l/s. aplicando la formula  $Q=1,4 \cdot H^{5/2} \cdot 1000$  del vertedero triangular.

Para el estudio se tomó en consideración esta eventualidad máxima registrada, la sumatoria de los caudales máximos aforados en los cuatro puntos de descarga; punto N.- 01 Q. máx.= 0,83 l/s., punto N.- 02 Q. máx. = 1 l/s., punto N.-03 Q. máx. = 1,666 l/s., punto N.-04 Q. máx. = 212,017 l/s., nos da como resultado el caudal de diseño: **Q=215,513 l/s.**

## **2.4 Materiales y Equipos**

Los materiales y equipos indispensables que se ha utilizado para llevar a cabo el estudio y obtener resultados fueron los siguientes.

### **2.4.1 *Materiales***

#### *2.4.1.1 Fichas de Laboratorio*

Estas fichas se adecuaron a los requerimientos de identificación de las muestras solicitadas por el laboratorio y a lo establecido en la normativa vigente.

### **2.4.2 *Equipos***

#### *2.4.2.1 Equipos de Protección Personal (EPP)*

- ✓ Cofia
- ✓ Mandil
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes quirúrgicos
- ✓ Botas de caucho

#### 2.4.2.2 *Equipos de muestreo*

- ✓ Caja térmica: Para el traslado de la muestra al laboratorio.
- ✓ Envases plásticos: Para la recolección de la muestra.
- ✓ Libreta de campo y esferos: para registro de datos
- ✓ Pilas refrigerantes: Para mantener la temperatura dentro de la caja térmica.

### **2.5 Alternativas de Interpretación de Resultados**

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras en el laboratorio se procederán a exponer en una tabla para una mejor comprensión y compararlos con la normativa ambiental vigente en nuestro país.

### 2.5.1 Parámetros Considerados para el Análisis de las Muestras.

**Tabla N° 8 Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos a ser analizados.**

<b>Parámetros analizados</b>	<b>Unidad</b>
<b>FÍSICOS</b>	
Turbiedad	NTU
Color aparente	U. Pt-Co
Conductividad eléctrica	μS/cm
Temperatura	°C
Potencial Hidrógeno	U Ph
<b>QUÍMICOS</b>	
Sólidos totales	mg/L
Sólidos disueltos	mg/L
Sólidos en suspensión	mg/L
Oxígeno disuelto	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	mg/L
Aceites y grasas	mg/L
Tensoactivos	mg/L
<b>BACTERIOLÓGICOS</b>	
Aerobios Mesófilos	Ufc/100ml.
Colibacilos totales	Ufc/100ml
Colibacilos Fecales	Ufc/100ml

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

**2.5.2 Resultados Obtenidos en el Laboratorio Luego del Análisis de las Aguas Residuales.**

**Tabla N° 9 Comparaciones de los Resultados Obtenidos con los Límites Máximos Permisibles Establecidos en la Tabla N. 12 Anexo 1. Libro VI. TULSMA.**

<b>Análisis físico</b>	<b>TULSMA</b>			
	<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Muestra</b>	<b>Límite Mâx.Per.</b>
Potencial Hidrógeno		8.26	5 a 9	Si
Color real	Pt-Co	80	15	<b>NO</b>
Temperatura	°C	17,5	<35	SI
Turbiedad	NTU	60,5	5	<b>NO</b>
Conductividad eléctrica	µS/cm	1027	500 a 800 µS/cm.	<b>NO</b>
<b>Análisis Químico</b>	<b>TULSMA</b>			
Potencial Hidrógeno	U Ph	8,26	05-sep	Si
Sólidos totales	mg/L	784	1600	Si
Sólidos Disueltos	mg/L	514	**	**
Sólidos suspendidos totales	mg/L	270	100	<b>NO</b>
Oxígeno disuelto	mg/L	0,8	No menor al 80% de Concentración	<b>NO</b>

			de saturación	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	268	250	<b>NO</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	107	100	<b>NO</b>
Aceites y grasas	mg/L	8,3	0,3	<b>NO</b>
Tensoactivos	mg/L	0,6	0,5	<b>NO</b>
<b>TULSMA</b>				
<b>Análisis Bacteriológico</b>				
Aerobios Mesófilos	Ufc/100ml	Campo lleno	**	<b>NO</b>
Colibacilos totales	Ufc/100ml	2420	600	<b>NO</b>
Colibacilos Fecales	Ufc/100ml	2420	600	<b>NO</b>

**Fuente:** Laboratorio de la Casa del Químico.

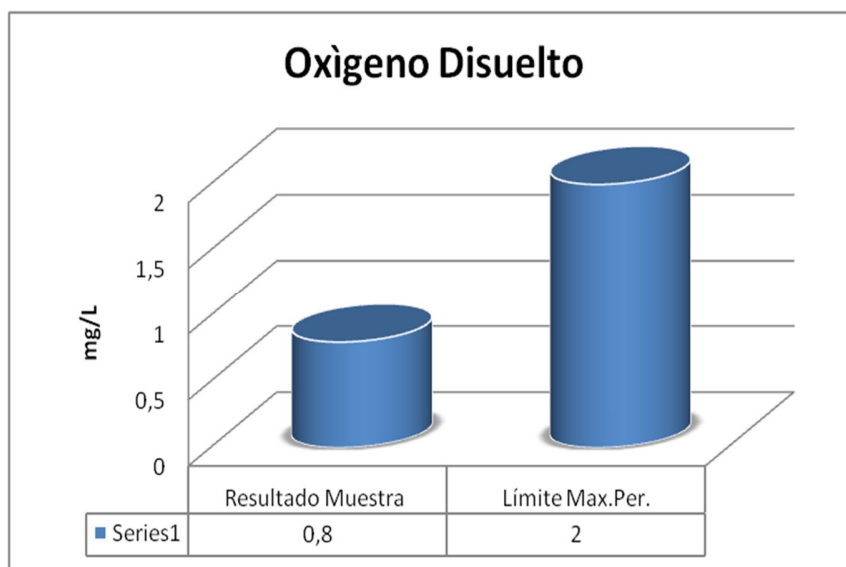
**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

### ***2.5.3 Interpretación de los Resultados, Características Fisicoquímicas de las Aguas Residuales***

Según los resultados obtenidos de los análisis fisico-químicos realizados a las aguas residuales en estudio tenemos que:

### 2.5.3.1 Oxígeno Disuelto

**Gráfico N° 4 Oxígeno disuelto**

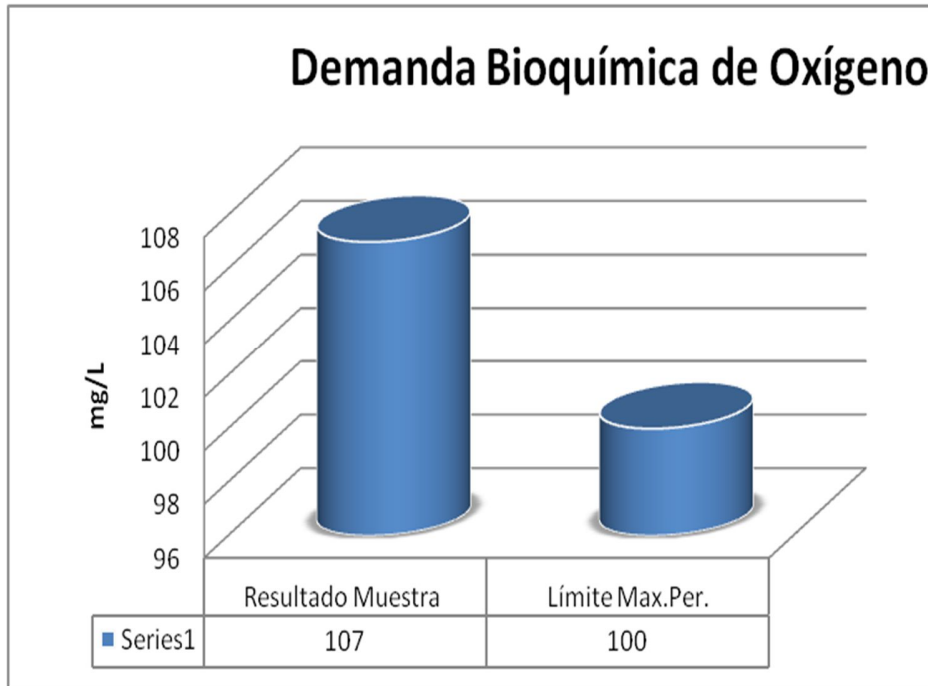


**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

El oxígeno disuelto según la normativa ambiental vigente No debe ser menor al 80% de Concentración de saturación y no menor a 6 mg/l, el resultado de la muestra es de 0,8mg/l es por eso que este parámetro NO CUMPLE.

2.5.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Gráfico N° 5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

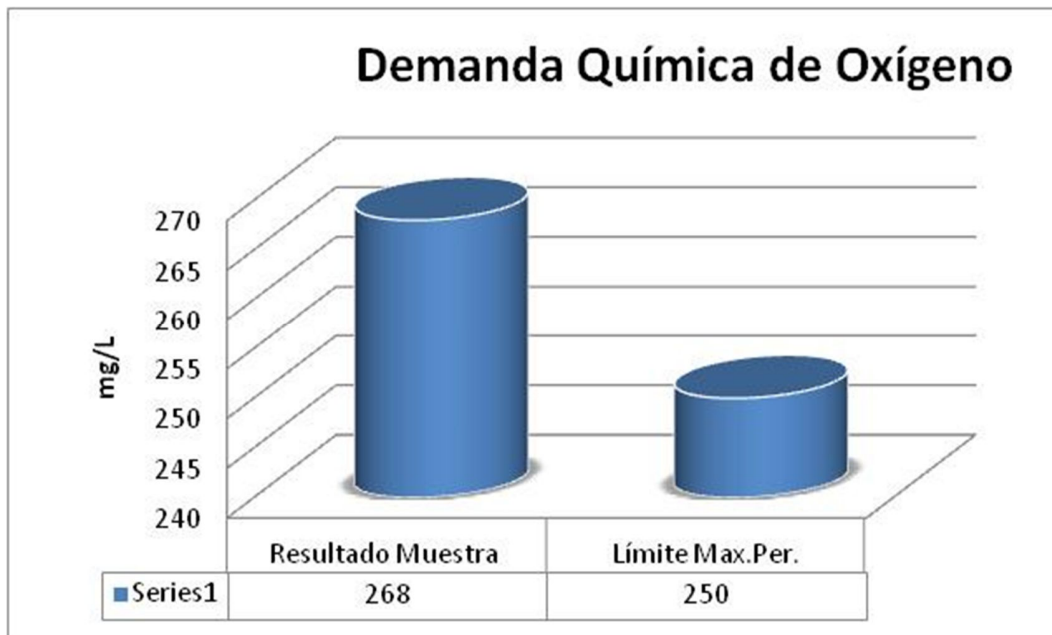


**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Con respecto al (DBO<sub>5</sub>) según la normativa vigente el Límite máximo permisible es de 100 mg/l y el resultado de la muestra obtenida es de 107 mg/l, por lo cual este parámetro NO CUMPLE.

2.5.3.3 *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

**Gráfico N° 6 Demanda Química de Oxígeno**

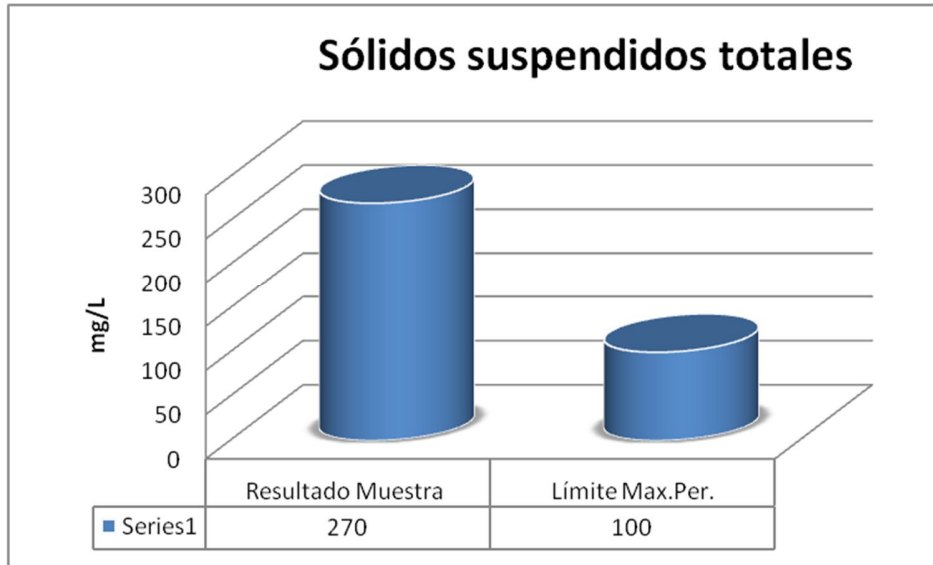


**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

En relación al (DQO) la normativa vigente el Límite máximo permisible es de 268mg/l y el resultado de la muestra obtenida es de 250 mg/l, entonces este parámetro NO CUMPLE.

#### 2.5.3.4 Sólidos Suspendidos Totales

**Gráfico N° 7 Sólidos Suspendidos Totales**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

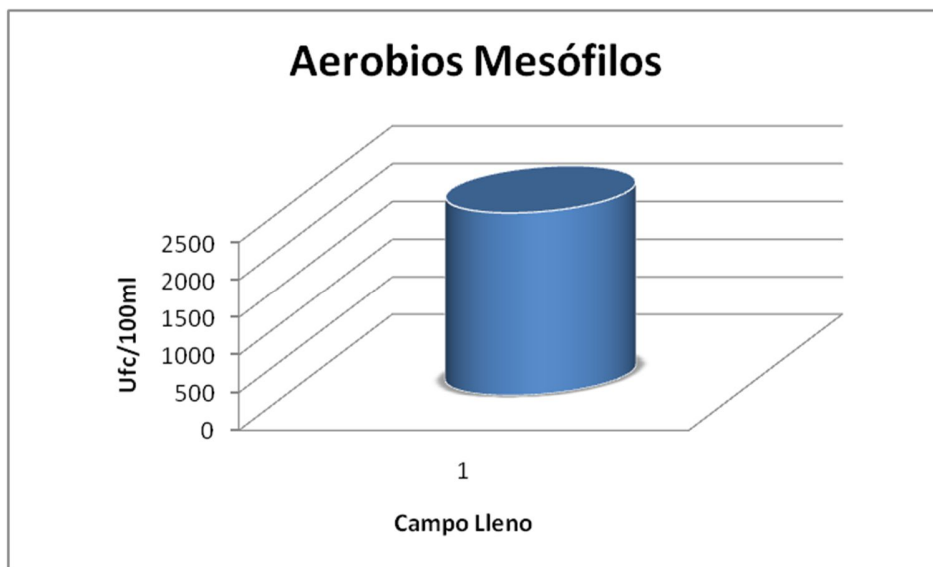
En base al resultado de los Sólidos suspendidos totales, según la normativa vigente el Límite máximo permisible es de 100 mg/l y el resultado de la muestra obtenida es de 270 mg/l, entonces este parámetro NO CUMPLE.

#### 2.5.4 Interpretación de los resultados Características Microbiológicas de las Aguas Residuales.

Se conoce que las aguas residuales aportan una gran cantidad de materia orgánica que sirve de alimento para hongos y bacterias encargados de la mayor parte de su descomposición.

Tomando en cuenta que: los protozoos ciliados se alimentan de las bacterias, puliendo u optimizando el tratamiento del agua. Presentamos los resultados del análisis microbiológico realizado a las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”.

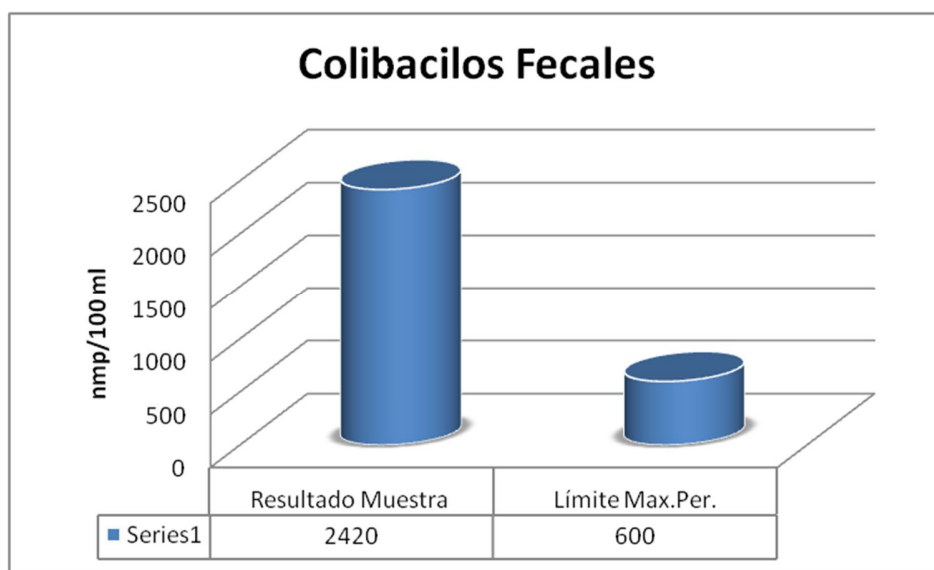
**Gráfico N° 8 Aerobios Mesófilos**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Según la normativa ambiental vigente, la muestra obtenida dio como resultado campo lleno de unidades formadoras de colonias en 100 ml. (ufc./100ml.), por lo tanto este parámetro NO CUMPLE.

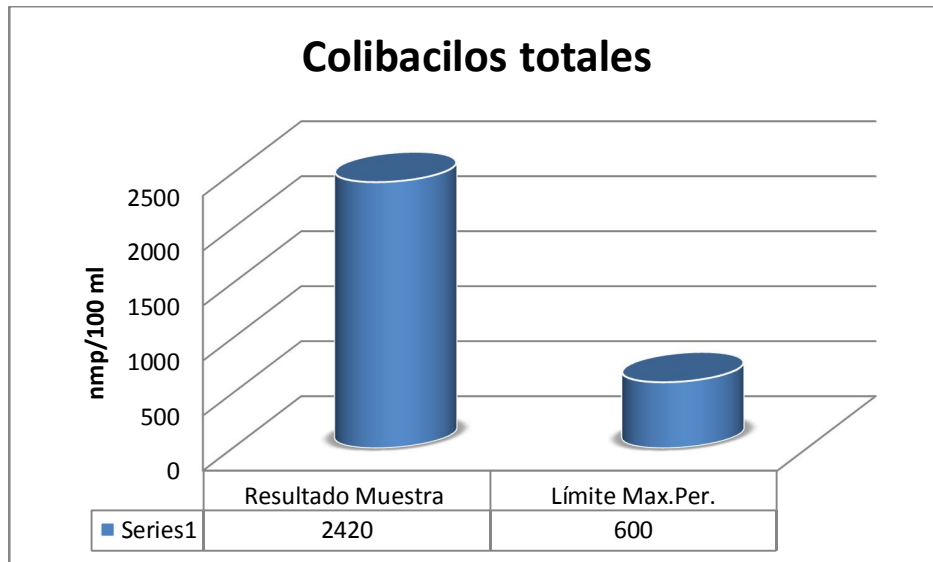
**Gráfico N° 9 Colibacilos Fecales**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

El resultado conseguido en la muestra de agua en base al parámetro Colibacilos fecales, según la normativa vigente el Límite máximo permisible es de 600nmp/100ml y el resultado de la muestra obtenida es de 2420nmp/100ml, por lo tanto este parámetro NO CUMPLE.

**Gráfico N° 10 Colibacilos Fecales**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

El resultado de la muestra de agua en base al parámetro Colibacilos totales, según la normativa vigente el Límite máximo permisible es de 3000nmp/100ml y el resultado de la muestra obtenida es de 2430nmp/100ml, por lo tanto este parámetro SI CUMPLE.

## **CAPÍTULO III.**

### **3. PROPUESTA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES MÁS ADECUADO, PREVIO A LA DESCARGA EN LOS RÍOS PUMACUNCHI Y CUTUCHI.**

#### **3.1 Introducción**

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 09 “Patria”, actualmente no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que son descargadas sin tratamiento alguno a los ríos Cutuchi y Pumacunchi respectivamente, incumpliendo la normativa ambiental vigente. Por lo que es necesario, diseñar una planta de tratamiento basado en los resultados obtenidos de los análisis de las aguas residuales y los caudales

máximos aforados durante de las eventualidades registradas en la investigación realizada.

El diseño del sistema para el tratamiento de las aguas residuales descargadas en los ríos Cutuchi y Pumacunchi, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 09 “Patria”, consiste en la síntesis y análisis del proceso más adecuado para tratar estas aguas y alcanzar niveles permisibles disminuyendo el grado de contaminación conforme a lo establecido en la normativa ambiental vigente en nuestro país. Tomando en cuenta los tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios que sean necesarios aplicar antes de la descarga de estas aguas a los cuerpos de agua dulce.

Demostrando la factibilidad de cada uno de los procesos al que se someterán estas aguas, tanto desde el punto de vista técnico, social, económico. Presentando una de las alternativas para la descontaminación de los ríos, de esta manera aportar a la descontaminación de los ríos Pumacunchi, Cutuchi.

### **3.1.1 *Implantación de la propuesta.***

La implantación se lo realizara en las coordenadas 764453 E y 9904490 N, lugar donde se unificaran los cuatro (4) puntos de descarga de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas especiales N.-09 Patria, con un caudal total de diseño:  $Q=215,513$  l/s., la misma que según los resultados obtenidos en el laboratorio demuestran que los parámetros físicos: color real, conductividad eléctrica; químicos: sólidos suspendidos totales, DQO,  $DBO_5$ , aceites y grasas, agentes tenso activos; biológicos: colibacilos fecales, no cumplen con los límites máximos permisibles presentados en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

### **3.2 Justificación**

La Brigada de Fuerzas Especiales N.- 09 “Patria” está ubicada en la Parroquia de Guayatagama cantón Latacunga, cuenta con 4952 habitantes aproximadamente, dentro de este Fuerte Militar existen diferentes sub unidades que lo conforman, con respecto al tema de estudio se consideran las de mayor importancia el Policlínico 09 Patria, la lubrilavadora, los talleres de mecánica, la cocina y comedor general, que para la limpieza de sus instalaciones comúnmente utilizan tenso activos (detergentes), cuentan con un sistema mixto colector de aguas residuales las mismas que son descargadas en cuatro (4) puntos hacia los ríos Pumacunchi y Cutuchi, actualmente sin ningún tratamiento.

Al realizar un diagnóstico del funcionamiento del sistema colector de aguas residuales, se pudo identificar con respecto a las aguas lluvias son recolectadas de los techos de las diferentes infraestructuras y conectas a este sistema mediante tubos metálicos y PVC, los mismos que presentan daños o alteraciones en algunos casos no existen, dando lugar a que las aguas lluvias arrastren materia orgánica, plásticos, entre otros al sistema colector general.

También se determinó que existe ausencia de varias tapas en las cajas de revisión del sistema colector de aguas residuales por lo que ha dado lugar a taponamientos por presencia de escombros, hojas, ramas, plásticos entre otros. Este sistema colector fue construido hace varios años atrás durante el asentamiento mismo de la Brigada de Fuerzas especiales N.- 9 “Patria” a base de piedra rustica y hormigón, se han realizado los mantenimientos respectivos remplazando ciertos tramos por tubos de cemento y tubería PVC según el caso. Ver anexo N.- 01.

Durante el diagnóstico se pudo determinar que existen 4 puntos de descarga, 3 de estos con un caudal menor, siendo el punto de descarga N.- 04 ubicado en las coordenadas este 764453 y coordenadas norte 9904490 a una altura de 2856 msnm, el de mayor caudal. Por lo que es necesario realizar un rediseño al sistema colector de aguas residuales con la finalidad de unir los puntos de descarga a un mismo sistema, para proponer y diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales más adecuado, previo a la descarga a un cuerpo de agua dulce como los ríos Pumacunchi y Cutuchi.

### **3.3 Objetivo de la Propuesta.**

Aportar criterios básicos con respecto al diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad de las aguas generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 09 “Patria”, antes de ser descargados a los cuerpos de agua dulce contribuyendo a la descontaminación de los ríos Pumacunchi y Cutuchi.

### **3.4 Desarrollo de la Propuesta.**

Con los resultados del laboratorio analizados e interpretados, se pudo determinar que ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos NO CUMPLEN con los límites permisibles establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, dentro de los parámetros físicos tenemos: color real, Turbiedad, Conductividad eléctrica; dentro de los parámetros químicos tenemos: sólidos suspendidos totales, Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno<sub>5</sub>, Demanda Química de Oxígeno, Aceites y grasas, Tensoactivos; dentro de los parámetros Biológicos tenemos los siguientes: Aerobios mesófilos, Colibacilos totales, Colibacilos fecales. Con un caudal de diseño aforado de  $Q=215,513$  l/s. en su máxima eventualidad.

Una vez realizada la reingeniería para la unificación de los caudales a un único sistema colector y con la finalidad de abaratar costos de tratamiento, operación y mantenimiento del sistema, se implementará una planta de tratamiento de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 09 “Patria”.

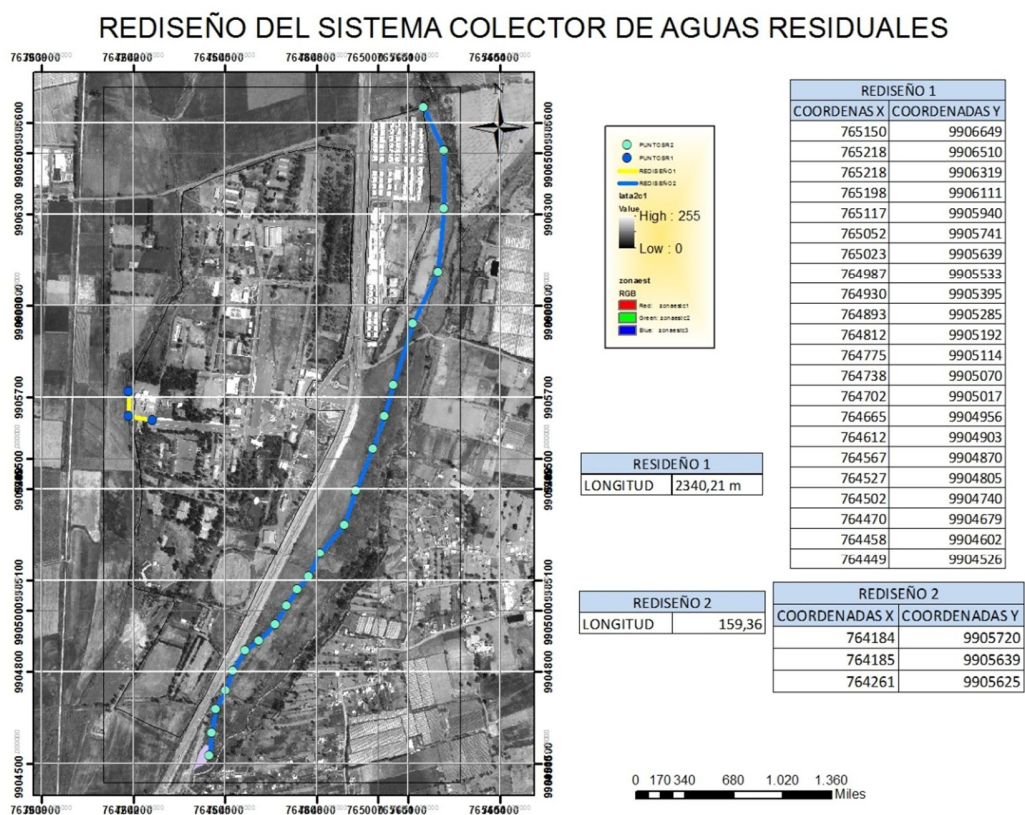
Por consiguiente, la propuesta está encaminada a la unificación de los caudales a un único sistema colector, la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales, la misma que consta con los procesos y unidades de tratamiento más adecuados en relación al caudal aforado, los resultados obtenidos del laboratorio y lo establecido en la tabla 12 límites máximos permisibles para una descarga a un cuerpo de agua dulce, contribuyendo con la eliminación y/o disminución de la contaminación de los ríos Pumacunchi y Cutuchi.

#### ***3.4.1 Rediseño del sistema colector de aguas residuales de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”.***

El rediseño del sistema colector de aguas residuales será de tipo “mixto” ya que colecta también las aguas lluvias” es decir que será capaz de transportar las aguas residuales generadas por el uso doméstico en esta unidad militar como también

durante las precipitaciones. Este colector será diseñado para que trabaje a gravedad aprovechando la topografía de la zona.

**Gráfico N° 11 Rediseño del sistema colector de aguas residuales de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”.**



**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

### ***3.4.2 Consideraciones para el rediseño del sistema colector de aguas residuales.***

El material a utilizar será tuberías (PVC), para la presente propuesta de rediseño del sistema colector los mismos que servirán para unificar los caudales de los puntos N.-01, N.-02, N.-03, al punto de descarga N.-04 área destinada para la implementación de la planta de tratamiento.

El caudal de diseño para unir los puntos de descarga N.-01 ubicado en coordenadas 765083E y 9906016 N, a una altura 2881 msnm., con un  $Q=0,83$  l/s., punto N.-02 ubicado en coordenadas 765125 E y 9906181 N, a una altura 2885 msnm., con un  $Q=1$  l/s., será igual a la sumatoria de los caudales máximos aforados en estos puntos  $Q_T= 1,83$  l/s.

El caudal de diseño para unir al sistema colector de aguas residuales será igual al caudal máximo aforado en el punto N.- 3 ubicado en coordenadas 764195 E y 9905717 N, a una altura 2876 msnm.,  $Q= 1.666$  l/s.

### ***3.4.3 Disposición del sistema colector de aguas residuales.***

#### ***3.4.3.1 Descripción del sistema colector de aguas residuales.***

Debido a la topografía del terreno donde está ubicada la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria” y al ser un limitante la panamericana norte que divide a esta unidad militar en dos áreas será necesario rediseñar dos (2) segmentos o tramos del sistema colector de aguas residuales cada uno independiente del otro, con sus respectivos caudales.

#### 3.4.3.2 *Rediseño del sistema colector de aguas residuales 1.*

El rediseño del sistema colector de aguas residuales 1 empieza en las coordenadas 765125 E y 9906181 N, a una altura 2885 msnm., con un  $Q=1$  l/s., para el presente estudio denominado como punto de muestreo N.- 02, se debe conectar al punto de muestreo N.-01 en coordenadas 765083 E y 9906016 N, a una altura 2881 msnm., con un  $Q=0,83$  l/s., denominado como punto de muestreo N.-01, ubicado diagonal a la vivienda fiscal, los bloques multifamiliares y la Unidad educativa “Patria”.

En estos puntos el agua será recolectada por las tuberías y pozos de visita para ser llevadas hasta el área de implementación de la planta de tratamiento, la tubería toma la dirección al cantón Latacunga de Norte a Sur. Ingresando por el extremo norte al área de ubicación de la planta de tratamiento de las aguas residuales en coordenadas 764453 E y 9904490 N, a una altura de 2856 msnm.

### 3.4.3.3 *Rediseño del sistema colector de aguas residuales 2.*

El rediseño del sistema colector de aguas residuales 2 empieza en las coordenadas 764195 E y 9905717 N, a una altura 2876 msnm., con un  $Q=1,666$  l/s., para el presente estudio denominado como punto de muestreo N.- 03, una vez conectado al sistema colector de aguas residuales existente se evita la contaminación por aguas residuales del río Pumacunchi, este sistema colector conduce las aguas residuales al punto de unificación de caudales en coordenadas 764453 E y 9904490 N, a una altura de 2856 msnm.

### **3.4.4 *Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.***

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, generadas en la Brigada de Fuerzas especiales N.- 09 “Patria” y descargadas en los ríos Pumacunchi y Cutuchi se tomó en cuenta los siguientes ítems:

#### 3.4.4.1 *Contaminación hídrica*

Según Lozano-Rivas (2012) “Todos los cuerpos de agua poseen una capacidad natural y LIMITADA de dilución y “auto purificación” de los elementos que incorpora, conocida como Capacidad de Asimilación o Capacidad de Carga” (Lozano-Rivas, 2012). Sin embargo es importante cumplir lo establecido en la tabla

N.- 12 límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Libro VI, Anexo 1 TULSMA.  
Vigente en el Ecuador.

#### 3.4.4.2 *Origen de las Aguas Residuales.*

Las aguas residuales en estudio son la suma de: aguas residuales domésticas, aguas negras, aguas grises, generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-09 “Patria” y las procedentes de la lluvia.

#### 3.4.4.3 *Carga contaminante y habitantes equivalentes*

Tomando en cuenta la afirmación de Lozano-Rivas (2012) dice que: No es posible establecer con precisión unos valores “estándar” para las aguas residuales independientemente de su origen, sea doméstico, urbano o industrial. Los hábitos alimenticios, la calidad de vida o la pobreza, hacen variar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los efluentes domésticos. Con estos antecedentes podemos calcular nuestra carga contaminante.

#### 3.4.4.4 Carga contaminante

Para calcular nuestra carga contaminante tenemos un DQO = 268 mg/l. y un caudal vertido (aforado) Q=215,513 l/s.

La carga contaminante, es la concentración (del parámetro medido en la descarga) por el caudal vertido, esta se expresa frecuentemente en kg/d y debe entenderse como una masa de contaminantes aportada en una unidad de tiempo.

$$\text{Carga Contaminante} = \text{Concentración} * \text{Caudal} * 0,0864$$

El valor 0,0864 es un factor de conversión para pasar de mg/s a kg/d, aplicando a nuestro estudio tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Carga contaminante} &= 1 \frac{\text{mg}}{\text{s}} * \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ d}} * \frac{81 \text{ Kg}}{1000000 \text{ mg}} = \frac{86400 \text{ Kg}}{1000000 \text{ d}} = \\ &0,0864 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}. \end{aligned}$$

#### **Datos:**

- Carga contaminante=?(kg/d)
- Concentración DQO=268(mg/l)
- Caudal Q=215,513(l/s)

➤ Carga Contaminante = DQO=268 (mg/l) \* Q=215,513 (l/s) \* 0,0864

**Tabla N° 10 Cálculo de la Carga Contaminante de las Aguas Residuales  
Generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-09 “Patria”.**

Nombre del lugar	Concentración de DQO (mg/l)	Caudal vertido (l/s)	Carga contaminante (kg/d)
Brigada de Fuerzas especiales N.- 09 “Patria”.	268	215,513	268*215,513*0,0864 = 4990,246 kg/d (DQO)

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera.

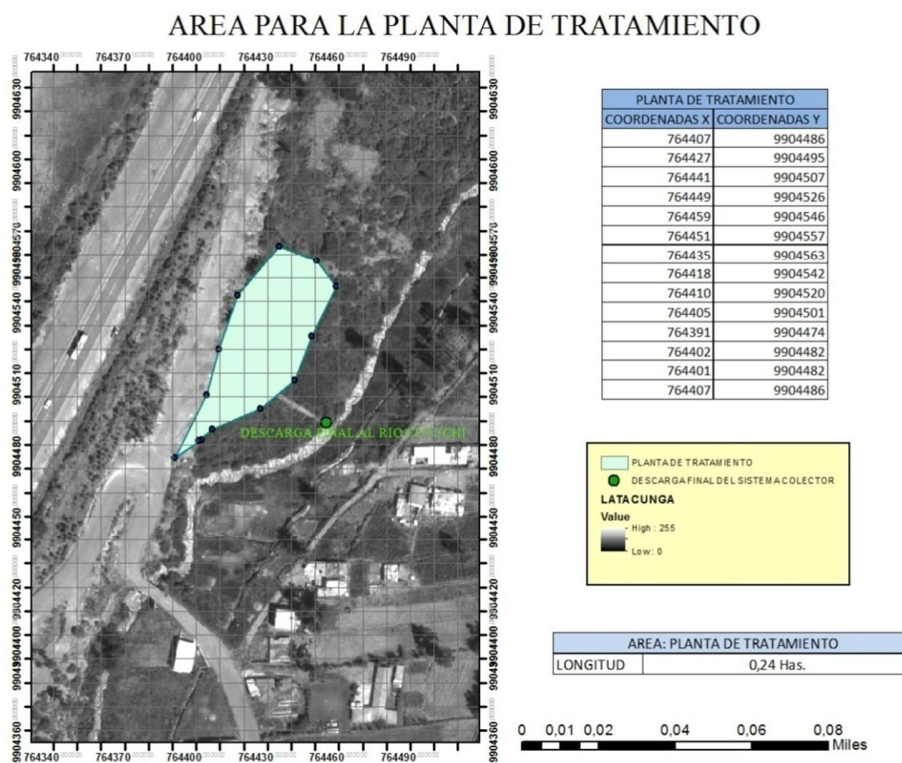
### 3.4.5 *Habitantes Equivalentes.*

El porcentaje de efectivos se calculará en relación al total del orgánico del grupo funcional que es de 2245 entre personal de oficiales y tropa que habitan la Brigada de Fuerzas Especiales N.-09 “Patria”. Este total se multiplica por 2 considerando que no todo el personal esta radicado con su familia, dándonos un total de 4490 habitantes. Según el cuadro resumen de efectivos Anexo A, al ser una unidad militar que sus habitantes son relevados en función de las necesidades de personal, este número no tiende a crecer como en un centro poblacional urbano. Ejemplo si salen un número de 30 efectivos con sus respectivas familias de igual forma ingresarán 30 efectivos con

sus respectivas familias regularmente a la Brigada de fuerzas especiales N.-9 “Patria”, en agosto de cada año.

### 3.4.6 Operaciones y Procesos Unitarios del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

Gráfico N° 12 Área para la Planta de Tratamiento



Elaborado por: Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Los contaminantes presentes en las aguas residuales en estudio serán eliminados y/o reducidos mediante la aplicación de uno o más fenómenos de tipo:

- Físico (operaciones unitarias de separación física)
- Químico (procesos unitarios de transformación química)
- Biológico (procesos unitarios de transformación bioquímica).

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos así como al caudal aforado se propone las siguientes operaciones unitarias:

#### **Pre-tratamiento**

- Canal de Llegada
- Cribado
- Tamizado
- Trampa de Grasas

#### **Tratamiento Primario**

- Sedimentador

#### **Tratamiento Secundario**

- Filtro Biológico Lento de Arena

### **3.4.7 Pre-Tratamiento**

El pre tratamiento para las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.-9 “Patria”, se lo realizó con medios físicos y/o mecánicos dispuestos convencionalmente más adecuados de modo que permita la retención y remoción de materiales extraños presentes en estas aguas, evitando interferencias posteriores en los diferentes procesos.

#### **3.4.7.1 Canal de Llegada.**

Existe un canal colector con una eficiencia hidráulica que receipta y conduce las aguas residuales de sección rectangular con los siguientes parámetros de diseño: Base  $b=1$  m, Espesor  $E=0,25$  m, Altura total  $H=1,50$  m. Construido con piedra y hormigón, en coordenadas 764407 E y 9904486 N, a una altura de 2863 msnm, punto donde se propone unificar las descargas 1,2 y 3 e implementar el canal de llegada.

#### **3.4.7.2 Régimen Hidráulico.**

El diseño del canal de llegada se dimensiona, tomando en consideración algunos factores como: el canal colector existente, el caudal de diseño aforado  $Q=215,513$  l/s., entre otros el tipo de material a utilizar en el canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, lámina de seguridad.

**Tabla N° 11 Datos para el Cálculo del Canal de Llegada.**

<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Caudal de diseño	$Q_D$	215,513	l/s.
Base (ancho del canal)	B	0,80	m.
Coeficiente de rugosidad.	N	0,016	-
Pendiente	I	3	%
Altura del agua	H	0,30	m.
Altura total	H	0,50	m.

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Para conocer el **área hidráulica** utilizamos la **Formula 1. (AH= b\*h)**

**Aplicando los datos tenemos:**

**Ec.1**

$$AH= b \cdot h$$

$$AH=0,80m \cdot 0,30m$$

$$AH=0,24 \text{ m}^2$$

Como resultado tenemos el **área hidráulica** de  $0,24 \text{ m}^2$

Para conocer la **velocidad** se aplica la ecuación de **MANNING. Fórmula: 2**

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * \iota^{1/2}$$

Datos:

$V = \text{Velocidad} : ?$

$R = \text{Radio Hidráulico } R = \frac{AH}{X}$

$X = \text{Perímetro mojado} : ?$

$\iota = \text{Pendiente longitudinal del canal: } 3\% = 0,003$

$n = \text{Coeficiente de rugosidad de MANNING: } 0,016(\text{Hormigón}).$

Para conocer el **Perímetro Mojado**. Aplicamos la **Fórmula 2.1**  $X = h + b + h$

**Aplicando los datos tenemos:**

**Ec.2.1**

$$X = h + b + h$$

$$X = (0,30m + 0,80 m + 0,30m)$$

$$X = 1,40 m$$

Como resultado tenemos **perímetro mojado**=1,40 m.

Para conocer el **Radio Hidráulico**. Aplicamos la **Fórmula 2.2**

$$R = \frac{AH}{X}$$

Aplicando los datos tenemos:

Ec.2.2

$$R = \frac{AH}{X}$$

$$R = \frac{0,24m^2}{1,40m}$$

$$R = 0,171m$$

Como resultado tenemos **radio hidráulico** = 0,171 m.

Con los datos anteriormente obtenidos se calcula la velocidad, volviendo **Fórmula: 2**

$$V = \frac{1}{n} * \frac{R^2}{3} * \iota^{\frac{1}{2}} \text{de MANNING.}$$

Aplicando los datos tenemos:

Ec.2

$$V = \frac{1}{n} * R^2/3 * \iota^{1/2}$$

$$v = \frac{1}{0,016} * 0,171m^{2/3} * 0,003^{1/2}$$

$$v = 62,5 * 0,308 * 0,054$$

$$v = 1,039 \text{ m/s}$$

Como resultado tenemos **velocidad** = 1,039 m/s.

Una vez obtenido la velocidad y el área hidráulica se calcula el caudal máximo de soporte del canal (Q. máx.). Utilizando la **Fórmula 3**:

$$Q. \text{máx.} = AH * V$$

**Aplicando los datos tenemos:**

**Ec.3**

$$Q. \text{máx.} = AH * V$$

$$Q. \text{máx.} = 0,24m^2 * 1,039 \text{ m/s}$$

$$Q. \text{máx.} = 0,249 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q. \text{máx.} = 249,36 \text{ l/s.}$$

Como resultado tenemos **caudal máximo de soporte** = 0,249 m<sup>3</sup>/s. = 249 l/s.

El caudal máximo de soporte fue calculado **mayor** que el caudal máximo aforado, demostrando su eficiencia para recoger el agua residual durante las mayores eventualidades.

La velocidad máxima de soporte de un canal de hormigón es de 10 m/s y la mínima no debe ser menor a 0,6 m/s, con la finalidad de evitar la sedimentación de materiales pétreos retenidos en el mismo, tomando en cuenta esta consideración la velocidad es de 1,039 m/s, la misma que cumple con esta condición.

#### 3.4.7.3 *Cribado.*

Este proceso se considera importante debido a que se implementará una planta de tratamiento mixta ya que colecta tanto aguas pluviales como aguas domésticas, proceso que ayuda a separar materiales gruesos presentes en este tipo de aguas residuales mediante una criba o rejilla. Proceso que tiene como principales objetivos:

- a) Reducir los sólidos en suspensión, que son transportados por las aguas residuales.
- b) Evitar obstruir el paso del agua a los diferentes procesos aplicados y posibles obstrucciones en equipos instalados.

Las rejillas más utilizadas para este tipo de sistemas de tratamiento de aguas residuales son las de limpieza manual.

#### 3.4.7.4 *Rejillas Finas*

Con la finalidad de retener y separa la mayor cantidad de sólidos gruesos presentes durante las máximas eventualidades (arrastre de ramas, hojas, plásticos, entre otros),

se diseña una rejilla formada por barrotes rectos y redondos, que se colocarán a un ángulo de inclinación de 45° de la vertical del canal, los mismos que recibirán mantenimiento manual.

#### 3.4.7.5 Régimen Hidráulico.

Es necesario realizar los cálculos en base a las diferentes condiciones y exigencias del cribado utilizando fórmulas establecidas para ello:

- ✓ Profundidad de la rejilla (m)
- ✓ Área de la rejillas (m<sup>2</sup>)
- ✓ Número de barrotes

**Tabla N° 12 Datos para el Cálculo del Cribado.**

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	$Q_D = Q. \text{máx.}$	215,513 - (0,215)	l/s. - (m <sup>3</sup> /s.)
Base (ancho del canal)	b=Br	0,80	m.
Luz o espacio entre barrotes.	L	0,030	m.
Velocidad de paso.	Vp	1,039	m/s.

**Elaborado por:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Con respecto a la dimensión del **cribado**. Aplicamos la **Fórmula 4**, para conocer la **profundidad de la rejilla (m)**:

$$P = Q_{\text{máx.}} \cdot \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) \cdot V_p \cdot L \cdot Br}$$

En Donde:

**P**= Profundidad (m)

**Q.máx.**= Caudal (m<sup>3</sup>/s.)

**b**= Ancho de los barrotes (m)

**L**= Luz o espacio entre barrotes (m)

**Vp.** = Velocidad de paso (m/s.)

**Br** = Acho del canal (m)

**G** = Grado de colmatación (usualmente se adopta un valor del 30%)

Aplicando los datos tenemos:

**Ec.4**

$$P = Q \cdot \frac{b + L}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) \cdot V_p \cdot L \cdot Br}$$

$$P = 0,249 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \frac{0,01 \text{ m} + 0,030 \text{ m}}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) \cdot 1,039 \text{ m/s} \cdot 0,030 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m}}$$

$$P = 0,249 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \frac{0,01 \text{ m} + 0,030 \text{ m}}{0,7 \cdot 1,039 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,030 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m}}$$

$$P = 0,249 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \frac{0,04 \text{ m}}{0,017 \text{ m}}$$

$$P = 0,57 \text{ m.}$$

Como resultado tenemos **la profundidad del área de la rejilla = 0,57 m.**

Con respecto a la dimensión del **cribado**. Aplicamos la **Fórmula 5**, para conocer el área útil de la rejilla (m):

$$AR = Br \frac{L}{L+b} \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

**Aplicando los datos tenemos:**

**Ec.5**

$$AR = Br \frac{L}{L+b} \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

$$AR = 0,80 \text{ m} \frac{0,030 \text{ m}}{0,030 \text{ m} + 0,01 \text{ m}} \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$AR = 0,80 \text{ m} \frac{0,030 \text{ m}}{0,04 \text{ m}} (0,7)$$

$$AR = 0,80 \text{ m} * 0,75 * (0,7)$$

$$AR = 0,42 \text{ m}$$

Como resultado tenemos **área útil de la rejilla=0,42 m**.

Con respecto a la **pérdida de carga**. Aplicamos la **Fórmula 6**:

$$Hf = \frac{(Vp)^2}{9,1}$$

$h_f$ : pérdida de carga en la rejilla

$V_p$ : velocidad de paso

9,1: constante

Aplicando los datos tenemos:

**Ec.6**

$$h_f = \frac{(V_p)^2}{9,1}$$

$$h_f = \frac{(1,039 \text{ m/s})^2}{9,1}$$

$$h_f = \frac{1,079}{9,1}$$

$$h_f = 0,118 \text{ m/s.}$$

Como resultado tenemos **una pérdida de carga de** = 0,118 m/s.

Con respecto al **número de barrotes**. Aplicamos la **Fórmula 7** para conocer el **número de barrotes**:

$$N = \frac{Br - L}{b + L}$$

Aplicando los datos tenemos:

**Ec.7**

$$N = \frac{Br-L}{b+L}$$

$$N = \frac{0,80 \text{ m} - 0,030 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,030 \text{ m}}$$

$$N = \frac{0,77 \text{ m}}{0,04 \text{ m}}$$

$$N = 19,25$$

**N=19 barrotes de 0,01m.**

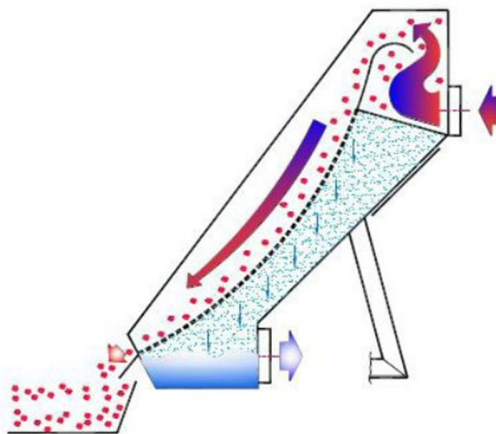
#### 3.4.7.6 *Tamizado*

El proceso de separación de sólidos nos permite la eliminación de una parte considerable de materia orgánica suspendida por esta razón, los tamices pueden ser clasificados, también, como una unidad de tratamiento primario, útil en el tratamiento de aguas residuales. Los tamices presentan una serie de ventajas e inconvenientes respecto a los decantadores, así podemos mencionar menor costo, simplicidad de operación, obtención de residuo seco para mayor manejabilidad.

La construcción de la superficie filtrante se hace con barras, chapa perforada, mallas, etc. El material suele ser de acero inoxidable. Los tamices manejan tamaños de abertura entre 0,2 y 3 mm, esta disposición garantiza una superficie que prácticamente no se obstruye y que tiene un alto poder de filtrabilidad. Los tamices pueden clasificarse en:

- Tamiz Estáticos.- Los más empleados son los curvos. Suelen tener una inclinación de unos 25° respecto de la vertical. El agua ingresa por la parte superior y, mientras los sólidos quedan retenidos en la superficie, el agua se filtra atravesando el tamiz, para ser recogida por la parte baja. El material detenido se va deslizando, por la acción del agua y del nuevo material retenido, hacia el extremo inferior, en donde cae a una tolva.

**Gráfico N° 13 Corte de un tamiz estático.**

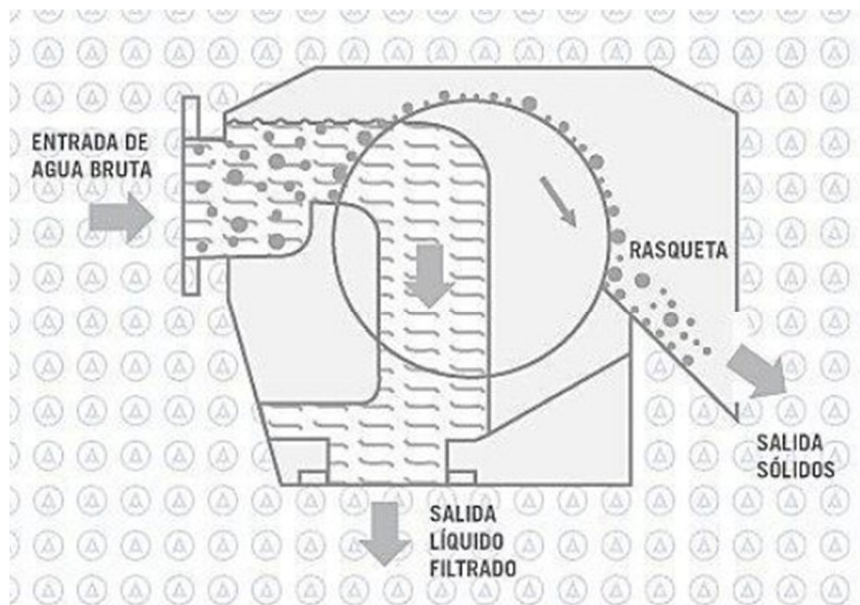


**Fuente:** Lozano-Rivas, W. (2012).

- Tamiz Giratorios.- Este tipo de tamices cuenta con un tambor filtrante y un cuerpo de filtro, en acero inoxidable, sobre el cual se monta el tambor. Dispone de una rasqueta que elimina los sólidos retenidos en la superficie del tambor.

Los tamices rotatorios tienen una mayor capacidad de tratamiento por metro lineal, que los tamices estáticos (cerca de unas 2,5 veces más), pero tienen la desventaja de causar un mayor gasto energético y más desgaste de las piezas.

**Gráfico N° 14 Esquema del corte de un tamiz rotatorio.**



**Fuente:** Lozano-Rivas, W. (2012).

- **Selección del Tamiz.-** La selección de este tipo de unidades se hace a partir de las diferentes alternativas que ofrecen los fabricantes y de las

características propias del diseño del tamiz. Sin embargo, para tener un referente, Lozano-Rivas plantea unos valores indicativos de la capacidad de tamizado de estas unidades.

**Tabla N° 13 Capacidad de trabajo de los tamices estáticos**

<b>Abertura del tamiz (mm)</b>	<b>Caudal tratado por metro lineal (m<sup>3</sup>/h)</b>
0,15	15
0,25	20
0,50	40
0,75	50
1,00	60
1,50	75
2,00	90
2,50	100
3,00	110

**Fuente:** Lozano-Rivas, W. Material de clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales (2012).

**Tabla N° 14 Capacidad de trabajo de los tamices rotatorios**

<b>Abertura del tamiz (mm)</b>	<b>Caudal tratado por metro lineal (m<sup>3</sup>/h)</b>
0,15	30

0,25	50
0,50	90
0,75	120
1,00	145
1,50	180
2,00	210
2,50	240
3,00	260

**Fuente:** Lozano-Rivas, W. Material de clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales (2012).

Con respecto a la dimensión del **tamiz**. Aplicamos la **Fórmula 7**. Para seleccionar el tamiz adecuado.

**DATOS:**

$$Q. \text{ máx.} = 215,513 \text{ l/s} \cdot \frac{1000 \text{ l/m}^3}{3600 \text{ seg/hora}} = 775,846 \text{ m}^3/\text{hora}$$

En referencia al cuadro de Lozano Rivas, aplicando la regla de tres o de proporción:

Tenemos que:

260 m<sup>3</sup>/h..... 3 mm de abertura del tamiz

775,846 m<sup>3</sup>/h.....? X= 8,95 mm de abertura del tamiz.

- Abertura del tamiz: 8,95 mm, por metro lineal
- Caudal tratado por metro lineal (Q): 775,846m<sup>3</sup>/h)

Para nuestro caudal máximo de  $0,215 \text{ m}^3/\text{s}$ , el mismo que al transformar nos da  $775,846 \text{ m}^3/\text{h}$ , se propone un tamiz rotatorio de  $8,93 \text{ mm}$  de abertura por metro lineal.

### 3.4.8 *Trampa de Grasas*

La trampa de grasa es de carácter obligatorio para nuestro estudio debido a que el sistema colector de aguas residuales recoge a más de las grasas y aceites provenientes de la lubri-lavadora y mecánica, las descargas de los lavaderos que contienen aceite quemado de la cocina, lavaplatos instalados en las cocinas de la vivienda fiscal, bloques multifamiliares, de donde se viene vertiendo un gran volumen de grasas y aceites hacia los ríos Pumacunchi y Cutuchi como muestran los resultados de los análisis realizados a estas aguas.

**Tabla N° 15 Criterios de diseño de una Trampa de Grasa.**

<b>Característica</b>	<b>Valor o rango</b>
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	24 minutos
Relación Largo: Ancho	Entre 2:1 y 3:2
Profundidad útil:	Mínima: 0,8 m Máxima: 2,0 m

Dispositivos de ingreso y salida	Te de 90° y mínimo de 3 pulgadas de diámetro
Sumergencia del codo de entrada	Mínimo 0,15 m respecto del nivel de salida
Borde libre	0,30 m (mínimo)

**Fuente:** Lozano-Rivas, Material de clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales (2012).

Considerando un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 24 minutos, el volumen de la trampa de grasa será:

$$V_{tg} = Q \cdot TRH = 215,513 \text{ l/s} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 24 \text{ min} = 310338,72 \text{ l} = 310,338 \text{ m}^3$$

La trampa de grasa trabajará con un caudal de punta 215,513 l/s y tendrá un volumen de 310,338 m<sup>3</sup>.

$$\text{Relación Largo - Ancho} = \frac{L}{B} = \frac{2}{1} \text{ y } \frac{3}{2}$$

H. útil: 2 m

Q. med: 215,513 l/s

Sumergencia del codo de entrada: Mínimo 0,15 m respecto del nivel de salida

Borde libre: 0,30 m (mínimo).

### **Régimen hidráulico**

Tomando en cuenta estas consideraciones tenemos que:

$$V_{tg} = 310 \text{ m}^3$$

$$\text{Entonces } 310 \text{ m}^3 = 2 \text{ m} * 18 \text{ m} * 9 \text{ m}$$

$$\text{Tenemos que } V_{tg} = 310 \text{ m}^3 = 324 \text{ m}^3$$

La presente planta está diseñada en base a las máximas eventualidades registradas y con un rango mayor por seguridad.

### 3.4.9 Tratamiento Primario

#### 3.4.9.1 Sedimentador

La sedimentación se presenta de diferentes maneras dependiendo de la temperatura, del tipo de partículas presentes, de su concentración en el agua, del tipo de sedimentador y de la zona de la unidad en donde ocurre ese fenómeno (Lozano-Rivas, Diseño de Plantas de Potabilización de Agua, 2012).

**Tabla N° 16 Sedimentación.**

<b>Tipo de Sedimentación</b>	<b>Características de los sólidos</b>	<b>Características de la sedimentación</b>	<b>Tipos de unidades de tratamiento</b>
I De partículas discretas	Partículas discretas y aisladas en soluciones diluidas	Cada partícula sedimenta de forma independiente sin interacción entre ellas ni con el fluido que las contiene	Desarenadores, dársenas de sedimentación o presedimentadores
II	Partículas (coloides)	Las partículas se van	Sedimentadores de agua

De partículas flocculentas	floculentas o aglomerables	aglomerando formando coágulos o flocúlos de mayor tamaño y peso	potable (con coagulación-floculación previas) y decantadores de aguas residuales
III Zonal o interferida	Suspensiones de sólidos aglomerables de concentración intermedia	La sedimentación es interferida dada la cercanía entre partículas y se comportan como un bloque	Sedimentadores y decantadores de flujo ascendente y de manto de lodos
IV Por compresión	Suspensiones de alta concentración	Las partículas están en contacto íntimo entre ellas y su peso forma una masa compactada en el fondo de las unidades	Compactación de lodos en sedimentadores y en unidades de espesamiento de aguas residuales

**Fuente:** Lozano-Rivas, Diseño de Plantas de Potabilización de Agua (2012) y

Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978

Con respecto a la dimensión del **área del sedimentador**. Podemos obtener aplicando la **Fórmula 8:  $A_s = b \cdot h$**

Dónde:

$A_s$ : área del sedimentador

b: base

h: altura

$$A_s = b \cdot h$$

$$A_s = 24,05\text{m} \cdot 30,60\text{m}$$

$$A_s = 736\text{m}^2$$

Con respecto a la **velocidad de sedimentación**. Podemos obtener aplicando la **Fórmula 8.1:**

$$V_s = \frac{g}{18} \left( \frac{f_g - f_a}{\mu} \right) (d_g)^2$$

Donde:

Vs: velocidad de sedimentación

g: gravedad ( $m/s^2$ )

18: constante

*f*g: densidad del grano

*f*a: densidad del agua

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido del agua

dg: diámetro del grano.

### **Cálculos**

Datos:

Vs: ?

g: gravedad = 9,8 ( $m/s^2$ )

18: constante

As= 736  $m^2$

*f*g: densidad del grano = 2650 $kg/m^3$  o  $2,65 * 10^3 kg/m^3$

*f*a: densidad del agua = 1000  $Kg/m^3$  o  $1*10^3 Kg/m^3$

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido del agua =  $1,098*10^{-3} m$ .

dg: diámetro del grano= 20 micras

Q: 215, ls/s o 18620,323  $m^3/día$

Para transformar la densidad de grano de micras a metros.

$$20 \text{ micras} \left| \frac{1 \text{ mm}}{1000 \text{ micras}} \right| \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 2 * 10^{-5} \text{ m} = 0,00002 \text{ m}.$$

Para transformar el caudal de ls/s a m<sup>3</sup>/día.

$$215,513 \frac{\text{ls}}{\text{s}} \left| \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right| \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 18620,323 \text{ m}^3 / \text{día}.$$

Aplicando la fórmula tenemos:

**Ec. 8.1**

$$V_s = \frac{g}{18} \left( \frac{f_g - f_a}{\mu} \right) (d_g)^2$$

$$V_s = \frac{9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{18} \left( \frac{(2,65 * 10^3 - 1 * 10^3)}{1,098 * 10^{-3}} \right) (2 * 10^{-5})^2$$

$$V_s = (0,51 \text{ m/s}^2) * (1,5 * 10^6) * (2 * 10^{-5})^2$$

$$V_s = 0,000306 \text{ m/s} \quad \text{o} \quad V_s = 3,06 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

Con respecto a la **velocidad de asentamiento**. Podemos obtener aplicando la

**Fórmula 8.2:**

$$V_a = \frac{Q}{A_s}$$

Donde:

Va: velocidad de asentamiento

Q: caudal

As: área del sedimentador

**Cálculos:**

$$V_a = \frac{Q}{A_s}$$

$$V_a = \frac{18620,323 \text{ m}^3/\text{día}}{736 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 25,299 \text{ m/día}$$

$$V_a = \frac{25,299 \text{ m}^3/\text{día}}{86400 \text{ s/día}}$$

$$V_a = 0,000292 \text{ m/s} \quad \text{o} \quad V_a = 2,92 * 10^{-4}$$

**Entonces:**

$$V_s > V_a$$

### **Régimen hidráulico**

Tomando en cuenta estos datos nuestro sedimentador tendrá el siguiente dimensionamiento:

$$A_o = r^2 * \pi$$

$$736 \text{ m}^2 = 15,30 * 15,30 * 3,1416$$

$$736 \text{ m}^2 = 736 \text{ m}^2$$

### **3.4.10 Tratamiento Secundario**

#### *3.4.10.1 Filtro Biológico Lento de Arena*

La filtración lenta con arena reduce las bacterias, la nubosidad y los niveles orgánicos, reduciendo así la necesidad de desinfección y consecuentemente, la presencia de subproductos de desinfección en el agua final.

Entre las ventajas podemos citar las siguientes:

- Mínimos problemas de manejo de lodo.

- No es necesaria la supervisión cercana del operador.
- Los sistemas pueden hacer uso de materiales y de mano de obra disponible localmente.

**Tabla N° 17 Criterios de Diseño del Filtro Biológico Lento de Arena.**

<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>		<b>VALORES RECOMENDADOS</b>
Períodos de operación (días – horas)		24 horas
Período de diseño (años)		De 8 a 25 años
Velocidad de filtración (metro/horas)		De 0,1 a 0,3 m/h
Altura de la arena	Inicial	0,80 m
	Final	0,50 m
Diámetro efectivo		(0,15 – 0,30) mm
Altura de lecho soporte incluye drenaje (grava)		0,25 m
Altura del agua sobre nadante		0,75 m
Borde libre		0,10 – 0,15 m

**Fuente:** Carlos Fiallos y Carla Mosquera

Con respecto al **área del filtro**. Podemos obtener aplicando la **Fórmula 9**:

$$Af = \frac{q}{v_f}$$

Donde:

$A_f$ : área de filtración

$Q$ .: caudal

$V_f$ : velocidad de filtración

Con respecto al **área del círculo**. Podemos obtener aplicando la **Fórmula 9**:

$$A_c = r^2 * \pi$$

Donde:

$A_c$ : área del círculo

$r^2$ : radio

$\pi$ : 3,1416

### **Régimen hidráulico**

Tomando en cuenta que:

$$Q = A_h * V$$

$$V_f = 0,2 \text{ m/h} = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{h}} \left| \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right| = 0,000055 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,215 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Ah_f = ?$

$$Ah_f = \frac{0,215 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000055 \text{ m/s}} = 3909 \text{ m}^2$$

Tomando en cuenta estas consideraciones para el diseño de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la Brigada de Fuerzas especiales N.- 9 “Patria”, se divide en 4 filtros de 1000m<sup>2</sup>, los mismos que fueron calculado en las máximas eventualidades y el mantenimiento de estos se deberá ejecutar en función de las eventualidades mínimas debiendo planificar su mantenimiento en épocas de verano donde se registran los caudales mínimos. Durante estos periodos se podrá suspender sistemáticamente uno por uno los filtros para su mantenimiento.

#### 3.4.10.2 *Tanque aireador*

El proceso de aireación consiste en poner el agua en contacto íntimo con el aire. Para los procesos de tratamiento de aguas residuales, el objetivo principal de la aireación es proporcionar a los microorganismos el oxígeno necesario para que realicen sus procesos de transformación y degradación de la materia orgánica contaminante.

Entre las ventajas del proceso de aireación podemos mencionar las siguientes:

- Transferir oxígeno disuelto.
- Remover sustancias volátiles.

- Eliminar anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>).
- Remover ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).
- Remover hierro (Fe) y Manganeseo (Mn).
- Eliminar gas metano (CH<sub>4</sub>), gas cloro (Cl<sub>2</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub>).

**Tabla N° 18 Rendimiento del proceso de aireación**

PARÁMETRO	PORCENTAJE DE ELIMINACIÓN (%)
Sólidos de suspensión	80 - 90
DBO 5	80 - 95
N	30 - 40
P	20 - 30
Coliformes Fecales	85 - 95

**Fuente:** Lozano-Rivas, Material de clase para las asignaturas de Tratamiento de Aguas Residuales (2012).

Régimen hidráulico

Fórmula:  $V = Q * t$

En donde:

V = Volumen

Q = Caudal

t = Tiempo de retención

**Datos:**

**h** = 3 m

**t. ret** = 24 min

**Q. max** =  $0,215 m^3 / s$

$$V = Q * t$$

$$V = (0,215 \frac{m^3}{s} * 24 \text{ min} * 60 \frac{s}{\text{min}})$$

$$V = 309,6 m^3$$

Entonces el Volumen es  $309,6 m^3$

Para calcular el área del tanque aireador partimos de la **Fórmula:**

$$V = A * h$$

En donde:

**V** = Volumen

**A** = Área

**h** = altura

Datos:

$$V = 309,6 \text{ m}^3$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$V = A * h$$

$$309,6 \text{ m}^3 = A * 3 \text{ m}$$

$$\frac{309,6 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} = A = 103,2 \text{ m}^2$$

Entonces el área es **103,2 m<sup>2</sup>**

Cálculo de radio del tanque aireador

Para conocer el radio del tanque aireador partimos de la Fórmula:  $A = r^2 * \pi$

En donde:

$A$  = Área

$r^2$  = Radio al cuadrado

$\pi$  = 3,1416

**DATOS:**

$$A = 103,2 \text{ m}^2$$

$$\pi = 3,1416$$

$$r = \frac{A}{\pi}$$

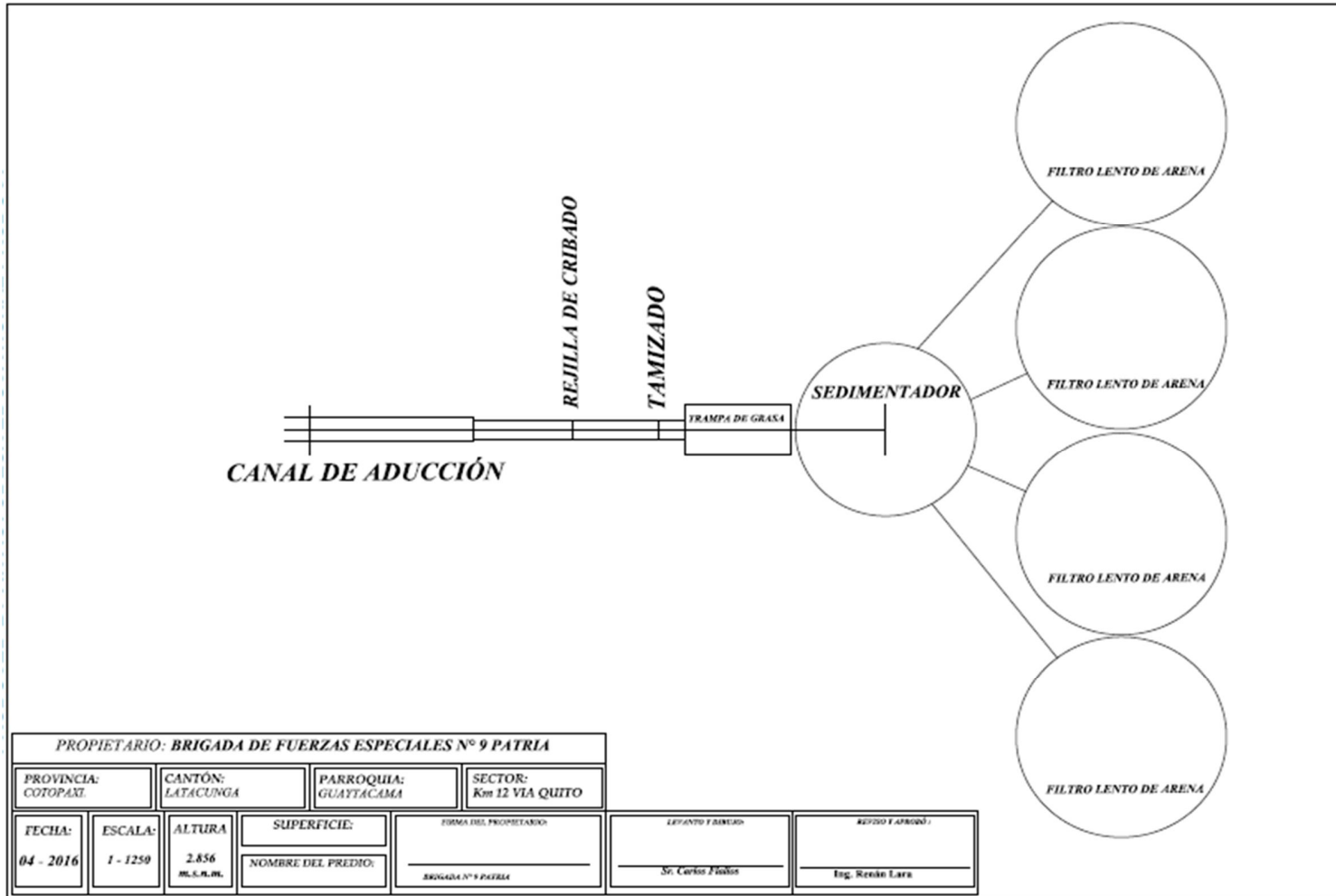
$$103,2 \text{ m}^2 = r^2 * 3,1416$$

$$\frac{103,2 \text{ m}^2}{3,1416} = r^2 = 32,849 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{49,274 \text{ m}^2} = r = 5,73 \text{ m}$$

Entonces el radio es  $r = 5,73 \text{ m}$

## DISEÑO DE LA PLANTA



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados en el presente trabajo investigativo se concluyó lo siguiente:

- Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual de las aguas residuales generadas en la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, se identificó que existen 4 sistemas de recolección de aguas residuales, las mismas que son descargadas a los ríos Pumacunchi y Cutuchi en diferentes puntos. Estos puntos de descarga se establecieron como puntos de muestreo para la recolección de las muestras y posterior análisis en el laboratorio. Durante la investigación fue necesario unificar los 4 puntos de descarga, mediante un rediseño del sistema colector hacia el lugar donde se implementará la planta de tratamiento.
- De acuerdo al TULAS, Libro VI, Anexo I, Tabla 12, descarga a un cuerpo de agua dulce, los siguientes parámetros no cumplen con la normativa ambiental vigente. En la muestra compuesta de los 4 puntos de descarga el color real, turbiedad, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda Bioquímica de oxígeno,

aceites y grasas, tensoactivos no se encuentran dentro de los límites permisibles. Por consiguiente se debe diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para dar solución a estos parámetros.

- Tomando en cuenta el caudal aforado de 215 l/s en sus máximas eventualidades, los resultados de laboratorio y el área destinada para la planta de tratamiento, se encaminó a realizar los cálculos de los diferentes procesos tales como: pre-tratamiento conformado por el canal de llegada, cribado, tamizado, trampa de grasas, el tratamiento primario: sedimentador, el tratamiento secundario: filtro biológico lento de arena y el tanque aireador. Siendo estos los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Brigada de Fuerzas Especiales N.- 9 “Patria”, para el proceso de recuperación de estas aguas descargadas en los Ríos Pumacunchi y Cutuchi.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda a la Brigada de Fuerzas Especiales N°9 Patria, realizar los trámites pertinentes para la implementación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Se sugiere ejecutar monitoreos periódicamente con los respectivos análisis de laboratorio, de manera que se demuestre la evolución del tratamiento y con ello crear un registro de cumplimiento para comparar con la normativa legal vigente.
- Se propone capacitar al personal que va a laborar en la planta de tratamiento para que puedan entender con destreza el funcionamiento de cada uno de los procesos del diseño y se pueda elaborar un plan de mantenimiento periódico de la planta de tratamiento.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Barla, R. (2008). *Diccionario para la educación ambiental*. Uruguay Maldonado.
- Barrios, C.; Torres, R.; Lampoglia, T.; Agüero, R. (12 de Febrero de 2009). *Guía de orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades*. Recuperado el 30 de Junio de 2015, de Guía de orientación en Saneamiento Básico: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-2sas.htm#arriba>
- Carbajal, Á., & González, M. (2003). *Agua. el arte del buen comer*. Barcelona: Academia Española de Gastronomía.
- Carbajal, A., & Gonzalez, M. (2012). *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro*. Madrid: Vaquero y Toxqui ediciones.
- Carbajal, A.; González, M. (2012). Agua para la salud. En *Pasado, presente y futuro* (pág. 63). Madrid: Vaquero y Toxi.
- Carbajal, A.;Gonzáles M. . (2003).
- Coa, R. (10 de Enero de 2016). *Academia*. Recuperado el 31 de Enero de 2016, de Medición de caudal por el método de vertedero: [https://www.academia.edu/7453252/Medici%C3%B3n\\_de\\_caudal\\_por\\_el\\_m%C3%A9todo\\_de\\_vertedero](https://www.academia.edu/7453252/Medici%C3%B3n_de_caudal_por_el_m%C3%A9todo_de_vertedero)
- Coa, R. (s.f.). *Medición de caudal por el método de vertedero*.
- Crid. (2000). *Vocabulario controlado sobre desastres*. San José.
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en el Ecuador: una aproximación económica*. Quito - Ecuador: Abya-Yala.

- Gallegos, R. (2000). *El agua, vehículo de contaminación (en línea)*. Obtenido de <http://www.babad.com/no01/agua.html>
- García, G. (2002). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (libro electrónico)*. Recuperado el 30 de Junio de 2015, de Enfermería Comunitaria y Salud Pública: <http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>
- Gilbert, M., & Wendell, P. (2008). *Introducción a la ingeniería medio ambiental*. Madrid: Pearson education S.A.
- Gutierrez, N.; Jiménez, S. (2005). *El financiamiento del desarrollo sostenible en Ecuador*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Jácome A. Iván M. (2015). *Anexo A cuadro de resumen de efectivos de la Brigada de Fuerzas especiales N.- 09 "Patria"*. Latacunga: Jefe del Departamento de Talento Humano de la Brigada de Fuerzas especiales N.- 09 "Patria".
- La Gaceta. (17 de Octubre de 2014). *Diario la gaceta Noticias*. Recuperado el 26 de Junio de 2015, de Noticias: [http://lagaceta.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27400:ministro-de-defensa-recorrio-la-brigada-patria&catid=68:latacunga&Itemid=104&lang=es](http://lagaceta.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=27400:ministro-de-defensa-recorrio-la-brigada-patria&catid=68:latacunga&Itemid=104&lang=es)
- Lozano-rivas, W. (01 de Enero de 2012). *Antecedentes y Definiciones Básicas - Presentaciones del Curso "Diseño de Depuradoras de Aguas Residuales"*. Recuperado el 3 de Octubre de 2015, de Antecedentes y Definiciones Básicas - Presentaciones del Curso "Diseño de Depuradoras de Aguas Residuales".:

[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_3\\_esquema\\_de\\_depuracion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_3_esquema_de_depuracion.html)

- Lozano-Rivas, W. (01 de Enero de 2012). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2015, de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/index.html>
- Mackenzie, L. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales de Mackenzie*. México D. F.: McGraw-Hill Interamericana editores, S. A.
- Manahan, E. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Mexico D.F.: Reverté ediciones, S.A.
- Onley, E. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. En *Estudio FAO Riego y Drenaje* (págs. 55-116). Roma.
- Reynolds, K. (01 de Octubre de 2002). *Agua Latinoamérica*. Recuperado el 24 de Junio de 2015, de Agua Latinoamérica: <http://w.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Salud, O. P. (01 de Enero de 2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2015, de Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>

- Zambrano, C. (2013). *Foro Nacional de los Recursos Hídricos*. Quito: Grapus.

## 6. ANEXOS

### 6.1 Situación actual del sistema colector de aguas residuales generadas en la Brigada de fuerzas especiales N.- 9 “Patria”.



## 6.2 Instalación de Vertedero Triangular 90°



## 6.3 Medición de caudales



## 6.4 Recolección de Muestras de Aguas



## 6.5 Resultados de la muestra de agua del Análisis de laboratorio.



### CASA DEL QUÍMICO 2

LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL - SERVICIO PROFESIONAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS.

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 449	
Orden de trabajo	No.	449	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml	4000	
Identificación	M1	Agua residual doméstica	
Tipo de muestra		Compuesta de 4 puntos	
Dirección		Panamericana Norte Km. 12 Brigada de Fuerzas Especiales	
Cantón- Provincia		Latacunga- Cotopaxi	No. 9 Patria
Fecha de muestreo		29-12-15	
Fecha de informe		05-01-16	
Solicita		Sr. Carlos Fiallos	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	8.26	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	80	S.M. 2120 B
Temperatura	oC	17.5	APHA- 2550 -B
Turbiedad	NTU	60.5	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	1027	S.M. 2520 B
Sólidos Totales	mg / L	784	S.M. 2540 B
Sólidos Disueltos	"	514	S.M. 2540 C
Sólidos en Suspensión	"	270	S.M. 2540 D
Oxígeno Disuelto	"	0.8	APHA- 4500 O-C Modificado
DBO 5	"	107	APHA- 5210 B Modificado
DQO	"	268	APHA - 5220 B
Aceites - Grasas	"	8.3	MAM-40/APHA 5520 B Modificado
Agentes Tensioactivos	"	0.6	APHA-5540-C- Modificado



ANÁLISIS: FÍSICO – QUÍMICO – MICROBIOLÓGICO – ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
CONSULTORIA – TRATAMIENTO DE AGUAS – MATERIAS PRIMAS – REACTIVOS QUÍMICOS  
Dr. Enrique Vayas López M.Sc. Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado \* Telf: 032422366 – 0984069372  
E –mail: envalo50@hotmail.es \* AMBATO - ECUADOR



## CASA DEL QUIMICO 2

LABORATORIO QUIMICO INTEGRAL - SERVICIO PROFESIONAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMETICOS - SUELOS.

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Enero 04 / 2016

ANALISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		ABA- 450	
Orden de trabajo	No.	450	
Contenido	ml	4000	
Identificación	M2	Agua residual doméstica	
Tipo de muestra		Compuesta de 4 puntos	
Dirección		Panamericana Norte Km. 12 Brigada de Fuerzas Especiales	
Cantón- Provincia		Latacunga- Cotopaxi	No. 9 Patria
Fecha de muestreo		29-12-15	
Fecha de informe		05-01-16	
Solicita		Sr. Carlos Fiallos	
<b>RESULTADOS</b>			
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	campo lleno	
Colibacilos Totales	"	2420	
Colibacilos Fecales	"	2420	
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
<b>METODOLOGÍA</b>			
Método del Coliitert . Medios de cultivo selectivos. Standard Methods.			
<b>OBSERVACIONES</b>			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULAS que contiene los límites máximos permisibles.			
<b>CONCLUSIONES</b>			
El agua presenta un elevado grado de contaminación, toda vez que el contenido de Aerobios Mesófilos, Colibacilos fecales y totales superan los valores máximos permisibles.			



ANALISIS: FISICO - QUIMICO - MICROBIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
CONSULTORIA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUIMICOS  
Dr. Enrique Vayas López M.Sc. Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado \* Telf: 032422366 - 0984069372  
E-mail: envalo50@hotmail.es \* AMBATO - ECUADOR